



*Stefan Hesse*

# Kleines Lexikon der automatischen Fertigung

---

**REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK 228**

Herausgegeben von

G. Brack, H. Fuchs, G. Paulin, R. Piegert, G. Schwarze und E.-G. Woschni

---

# Kleines Lexikon der automatischen Fertigung

Stefan Hesse



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Hesse, Stefan:  
Kleineś Lexikon der automatischen Fertigung / Stefan  
Hesse. — 1. Aufl. — Berlin : Verl. Technik, 1988. —  
71 S. : 69 Bilder. — (Reihe Automatisierungstechnik :  
228)  
ISBN 3-341-00431-9  
NE: GT

ISSN 0484-3436 REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK (Berlin, DDR)  
ISBN 3-341-00431-9

Federführender Herausgeber: *Rudolf Piegert*  
Begutachtender Herausgeber: *Eugen-Georg Woschni*

1. Auflage  
© VEB Verlag Technik, Berlin 1988  
Lizenz 201 · 370/11/88  
Printed in the German Democratic Republic  
Gesamtherstellung: Druckerei August Bebel Gotha  
Lektor: *Jürgen Reichenbach*  
Einbandgestaltung: *Kurt Beckert*  
LSV 3043 · VT 3/5908-1



Eingetragene Schutzmarke des Warenzeichenverbandes  
Regelungstechnik e.V., Berlin

Bestellnummer: 553 835 7  
00480

## **Vorwort**

Fortschritte in der Fertigungs-, Automatisierungs- und Antriebstechnik, gepaart mit völlig neuen Möglichkeiten in der Informationsverarbeitung, wie sie die Mikroelektronik heute bietet, sind für die Entwicklung der automatisierten Fertigung kennzeichnend. Immer mehr werden in diesen Prozeß auch die vorbereitenden Abteilungen einbezogen, und immer deutlicher kommt es zur Integration bisher getrennt gesehener Bereiche, wie den Transport-, Umschlag- und Lagerprozeß, die Automatisierung von Handhaboperationen und die Erweiterung intelligenter Maschinenfunktionen. Für alle, die sich mit damit zusammenhängenden Aufgaben befassen wollen, schaffen Fachbegriffe einen ersten Einstieg.

Dieses Lexikon enthält in fachlicher Abstimmung zu anderen „Kleinen Lexika“ vor allem Definitionen zu Begriffen aus den Gebieten Sondermaschinen und Taktstraßen, Nachformtechnik, flexible automatisierte Fertigungseinrichtungen (FZ und FFS) und der NC-Technik.

Die NC-Technik entwickelte sich über viele Jahre in enger Verbindung mit der elektronischen, Rechentechnik. Im Jahre 1949 wurde erstmals eine bahngesteuerte Fräsmaschine mit fünf Achsen hergestellt. Die Befehlseingabe geschah anfänglich über ein Magnetband; später wurde der Lochstreifen aktuell. Schon bald entstanden auch die ersten Programmiersprachen für NCM. Bereits Mitte der fünfziger Jahre wurde begonnen, das Prinzip der numerischen Steuerung auch für Handhabeeinrichtungen vorzusehen. Es entstanden die ersten Industrieroboter.

Die NC-Technik hat für die fertigungstechnische Automatisierung grundlegende Bedeutung erlangt und wird heute weitgehend unter Einbeziehung der Mikrorechentechnik als CNC-System genutzt. Der stürmische Zuwachs der CNC-Technik seit der Mitte der siebziger Jahre ist sowohl durch die zusätzlichen Anwenderfunktionen erkärbbar, die nun möglich wurden, als auch durch die Vorteile, die sich für den Steuerungs- und Maschinenhersteller ergaben. Nicht zuletzt konnte auch die Zuverlässigkeit bedeutend verbessert werden.

Doch auch herkömmliche programmgesteuerte Werkzeugmaschinen sind nach wie vor von großem Interesse für die Volkswirtschaft. Deshalb wurden auch aus diesem Bereich wichtige Begriffe in das Lexikon aufgenommen.

Die vorliegende Auswahl von Begriffen soll Praktikern wie Studenten eine rasche Nachschlagsmöglichkeit bieten.

Bei der Ausarbeitung des Lexikons wurde ich vom federführenden Herausgeber, Herrn Prof. Dr.-Ing. R. Piegert, unterstützt. Ihm möchte ich dafür herzlich danken, wie auch dem Lektor, Herrn Dipl.-Ing. J. Reichenbach.

## **Hinweise für die Benutzung**

1. Das Lexikon ist nach Stichwörtern alphabetisch geordnet.
2. Ein Pfeil (↑) weist darauf hin, daß das folgende Wort als Stichwort im Lexikon enthalten ist.
3. Besteht das Stichwort aus einem Adjektiv und einem Substantiv, so ist beim Substantiv nachzuschlagen (z. B. Drehautomat, kurvengesteuerter), es sei denn, die andere Form ist sprachlich gebräuchlicher.
4. Im Lexikon werden folgende Abkürzungen im Text verwendet:

CAD/CAM	rechnergestützte Produktionsvorbereitung und -durchführung
CNC	numerische Steuerung, die einen freiprogrammierbaren Rechner enthält
FFS	flexibles Fertigungssystem
FZ	Fertigungszelle
IR	Industrieroboter
NC	numerische Steuerung
NCM	numerisch gesteuerte Maschine
WZM	Werkzeugmaschine.

**Abfragefrequenz.** Anzahl der Abfragen analoger oder digitaler Eingangskanäle je Zeiteinheit bei Rechnersteuerungen.

**Ablaufsteuerung.** Automatische Steuerung, bei der die gesteuerte Größe vom Zustand der Anlage und von einem gespeicherten Programm abhängt, das die Beziehungen zwischen den Ausgangsgrößen und den erfaßten Größen vorgibt. Die Ausführung eines Programmschritts muß erst gemeldet (quittiert) sein, bevor der nächste Schritt aufgerufen wird.

**Abnahmeverordnungen für NCM.** Vorschriften zur Gewinnung einer Aussage über die erreichbare Werkstückqualität auf einer NCM zum Zweck der Maschinenabnahme. Dazu dienen Aussagen über die statische Genauigkeit, die dynamische Qualität, die Genauigkeit der Positionierung (statische und dynamische Positionsabweichungen) und auch Konturfehler.

**Abschaltkreis.** Schaltung zur ↑Ablaufsteuerung, bei der ein Vorgang automatisch abgeschaltet wird, wenn ein gewünschter bestimmter Zustand erreicht ist, und bis zum Eintreffen eines neuen Auslösesignals abgeschaltet bleibt. In der NC-Technik wird der A. z. B. für das Stillsetzen des Vorschubantriebs von Punkt- und Streckensteuerungen bei ↑Koinzidenz verwendet. Da Änderungen der Signallaufzeit und Bremszeit direkt auf den Positionierfehler wirken, wird die Vorschubgeschwindigkeit oft stufenweise reduziert (↑Vorabschaltung). Ist die Sollwert-Istwert-Differenz kleiner als einer der z. B. 3 bis 6 Vorabschaltpunkte, so wird ein Signal ausgelöst, das die Geschwindigkeit in einer oder in mehreren Stufen herabsetzt. Im Abschaltpunkt kann eine Bremse eingeschalten und der Schlitten in den Koinzidenzpunkt gleiten. Charakteristisch für den A. ist, daß jegliche Bewegung hinter dem letzten Vorabschaltpunkt nicht mehr beeinflußt werden kann. Die Vorabschaltlängen können zwischen 20 und 60 µm liegen; die letzte ist meist nicht größer als einige Mikrometer.

**Abschaltsteuerung.** Steuerung, bei der eine Signalrückführung lediglich zum Abschalten eines Vorgangs benutzt wird.

**Absolutmeßverfahren.** Meßverfahren, bei dem der Verfahrweg bewegter Maschinenteile immer auf einen Nullpunkt bezogen wird.

**Abtastregelung.** Regelung, bei der die Regelgröße nur in bestimmten Zeitintervallen abgetastet wird. Eine Anwendung erfolgt besonders bei DDC-Systemen. Alle Regelungen mit Digitalrechnern führen auf A.

**AC** (adaptive control) ↑Regelung, adaptive.

**ACC** (adaptive control with constraints) Auslastungsregelung, ↑Grenzwertregelung

**Achse** ↑Bewegungseinheit

**Achtspur-Lochstreifen.** Streifen aus Papier oder Plastfolie von 25,4 mm Breite, bei dem parallel zur Bezugskante außer einer Transportspur 8 Signalspuren verlaufen, wovon meist 6 oder 7 als Informationsspuren und eine als Spur für die ↑Paritätskontrolle verwendet werden. Auf 1 m Länge können 400 Zeichen untergebracht werden. Bei einer Programmierung von NCM in der Fertigungsvorbereitung wird der A. am häufigsten verwendet; bei NCM im DNC-Betrieb und bei der ↑Werkstattprogrammierung (CNC-H) erübrigert er sich.

**ACO** (adaptive control with optimization) ↑Optimierregelung

**Adaption.** Fähigkeit selbstregulierender (adaptiver) Systeme, unter den Bedingungen der Einwirkung der Umgebung das innere Milieu aufrechtzuerhalten. Im einfachsten Fall (wenige Störgrößen) erfüllt dies eine Festwertregelung. Die höchste Form der A. erreichen selbstorganisierende Systeme, die in der Lage sind, bei wesentlichen Änderungen der Umwelt ihre innere Struktur zu verändern (Selbstorganisation). Vgl. ↑Regelung, adaptive.

**adaptive Regelung** ↑Regelung, adaptive

**Adresse.** In der NC-Technik eine Gruppe von Zeichen, die ein Programmwort einleiten und dazu benutzt werden, jene Daten zu kennzeichnen und zu adressieren, die das Wort enthält.

**Adressenschreibweise.** Schreibweise von NC-Programmen, bei dem jedes Wort

durch einen Buchstaben, Adresse genannt, gekennzeichnet ist. Dieser gibt die Informationsart an (z. B. N Satznummer; G Wegbedingung; X, Z Bewegungssachsen). Die dahinter folgende Zahl gibt den Informationsinhalt an, z. B. N003 G01 X028 53 Z-15 ... Für die A. wird z. B. der EIA- und der ISO-Kode verwendet.

**ADU.** Abk. für  $\uparrow$ Analog-Digital-Umsetzer  
**AI** (artificial intelligence)  $\uparrow$ Intelligenz, künstliche

**Aktor,** Aktuator. Kraftantrieb im Sinne eines Energieumformers, z. B. kann ein kolbenhydraulischer Vorschubantrieb als Linear-A. bezeichnet werden.

**Algorithmus.** Vorschrift, die einen Ablauf, z. B. zur Lösung eines Problems, bis in alle Einzelheiten eindeutig festlegt. Die Zahl der Schritte ist endlich. Der A. gibt genau an, welcher nächste Schritt auszuführen ist oder ob das Verfahren abgebrochen werden muß. Grundsätzlich kann jeder A. durch einen Rechner abgearbeitet werden.

**alphanumerische Schreibweise.** Schreibweise von verschlüsselten Programmworten aus Buchstaben und Ziffern (Zahlen).

**AMFR.** Abk. für automatische  $\uparrow$ Maschinenfließreihen

**analog.** A. Größen sind solche, deren zahlenmäßige Werte durch physikalische Größen dargestellt werden, z. B. der Verfahrweg eines Schlittens durch eine a. elektrische Spannung.

**Analog-Digital-Umsetzer.** Wandler zur Umsetzung analoger Signale in digitale (s.

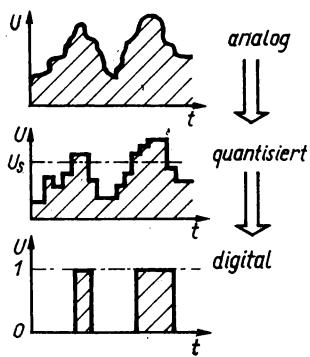


Bild). Oft sind die Eingangsgrößen elektrische Spannungen. Dann werden meist Sägezahn- oder Stufenumsetzer – heute als integrierte Schaltkreise – angewendet.

**Andrückeinrichtung**  $\uparrow$ Industrieroboter

**Anmerkung.** In der NC-Programmierung eine nähere Erläuterung zum Programm, dessen Text von den Zeichen „A.-Beginn“ und „A.-Ende“ eingeschlossen ist und beim Lesen des Lochbands ignoriert wird.

**Anpaßteil.** In der NC-Technik eine Baueinheit, deren wichtigste Funktion die Anpassung des Ausgangsalphabets einer universellen Steuerung an die speziellen Stellglieder einer Maschine ist. Die bestehende Zuordnung zwischen Eingangsalphabet der Steuerung und Maschinenfunktion ist in einer Vorkodiertabelle niedergelegt. Weitere Aufgaben des A. sind die galvanische Trennung und die Potentialanpassung.

**Antrieb**  $\uparrow$ Hauptantrieb,  $\uparrow$ Vorschubantrieb

**Anwenderprogramm.** Programm bzw. Programmsysteme, die für einen größeren Anwenderkreis innerhalb bestimmter Fachbereiche oder Aufgabenstellungen, z. B. Programmierung von NCM, vorgesehen sind. Sie sind meist problemorientiert.

**APT** (automatically programmed tools)  $\uparrow$ Programmiersprache. APT ermöglicht die rechnergestützte Programmierung von NCM durch Beschreibung von Werkzeugwegen.

Untermengen von APT sind z. B. ADAPT, EXAPT, IFAPT, MINIAPT, NELAPT, TELE-APT.

**Äquidistante.** Kurve, die im gleichen Abstand zu einer anderen verläuft, z. B. die Mittelpunktsbahn eines Fingerfräzers zur erzeugten Kontur. Bei einem CNC-System kann z. B. die Ä.-Korrekturberechnung eine programmierbare Zusatzfunktion sein.

**Arbeitsfolgeplan.** Unverschlüsseltes Programmanuskript für die Steuerung von WZM. Form und Inhalt unterscheiden sich in Abhängigkeit von Maschinenart, Steuerung einschließlich Programmeingabe und Herstellerfirmen bei unterschiedlichen

Maschinen sehr stark voneinander. Der A. wird auch als Programmablaufplan bezeichnet.

**Arbeitsinformation.** Aus der Form eines Werkstücks und der Technologie abgeleitete technische Information zur Durchführung der Bearbeitung eines Werkstücks innerhalb eines Arbeitszyklus auf einer automatisierten WZM. Die A. werden in ↑Weg- und ↑Schaltinformationen eingeteilt.

**Arbeitszyklus.** Zeitlich zusammengehörender vollständiger Bearbeitungsablauf auf einer Maschine.

**Archivieren.** Aufbewahren von Programmen und zusätzlichen Unterlagen, z. B. Einrichtrkskizzen, für den Fall einer Wiederverwendung. Zweckmäßig ist das Speichern der Programme auf solchen Datenträgern, die von der NC ohne menschliches Zutun beschrieben und später wieder gelesen werden.

**Assembler.** Programm zur Übersetzung eines in einer ↑Assemblersprache geschriebenen Programms in eine Maschinensprache, wobei aus jedem A.-Befehl ein Maschinenbefehl erzeugt wird.

**Assemblersprache.** Maschinenorientierte Programmiersprache, bei der mnemonische Operationskodes, symbolische Adressen und vordefinierte Befehlsfolgen (Macros) im Programm verwendet werden.

**Aufbaumaschine.** Durch Zusammensetzen von Grund-, Haupt- und Zusatzeinheiten sowie deren Ergänzung mit speziellen werkstückgebundenen Sonderbaugruppen und Werkzeugen entstandene WZM, die den Charakter einer ↑Sondermaschine hat. Das Werkstück kann ortsfest sein (↑Mehrwegemaschine) oder durch Werkstückhandhabung periodisch weiterbewegt werden, z. B. ↑Rundschalttischmaschine.

**Auflichtverfahren.** Verfahren zur fotoelektrischen Abtastung von Strichgittern, die auf undurchsichtigen Maßstäben, z. B. polierte Stahlmaßstäbe aus rostfreiem Stahl, zum Zweck der Weg- bzw. Winkelmessung aufgebracht sind. Das vom Maßstab reflektierte Lichtstrahlbündel wird über Fotoelemente ausgewertet.

**Auflösung.** In der NC-Technik die feinste Stufung eines Steuerwerts. Bei NC soll die elektrische A. gleich oder besser als die Wegauflösung (↑Wegquant) sein, um durch Rundungsfehler die Positioniergenauigkeit nicht zu verschlechtern.

**Ausgleichsspeicher** ↑Werkstückspeicher

**Ausnutzungsgrad.** Produkt aus technischem und zeitlichem A. Der technische A. ist der Quotient aus dem Wertanteil der genutzten technischen Ausrüstung eines Fertigungsmittels und dessen Gesamtwert. Der zeitliche A. ist der Quotient aus der Summe der Stückzeiten im Jahr und der Kalenderzeit ( $\triangleq 8\,766\text{ h/Jahr}$ ).

**Außeninterpolation.** ↑Interpolation, bei der ein mit großer Geschwindigkeit arbeitender und mehrfach nutzbarer Rechner die Bestimmung von Koordinatenwerten vornimmt. Die Übertragung der Werte kann über Kabelverbindungen (on-line) oder durch Ausgabe auf Datenträger, z. B. Magnetband (off-line), und Einlesen des Datenträgers in die NC erfolgen.

**Außenverkettung** ↑Verkettung

**AUTEVO.** Abk. für Automatisierung der technologischen Vorbereitung; Bezeichnung für den Teil von CAD/CAM-Lösungen, der schwerpunktmäßig die technologische Produktionsvorbereitung betrifft, z. B. ↑AUTEVO-ROTA 1.

**AUTEVO-ROTA 1.** CAD/CAM-Lösung, die insbesondere den Prozeß der technologischen Vorbereitung für rotationssymmetrische Teile rationalisiert. Im Ergebnis können fertigungsgerechte Einzelteilzeichnungen aus dem Entwurf einer Baugruppe, Arbeitsplanstammkarte, Arbeitsunterweisung, Materialverbrauchsnormkarte und NCM-Steuerlochband entstehen.

**Automat.** Jede technische Einrichtung, Maschine oder Anlage, die in der Lage ist, ohne ununterbrochenen Eingriff des Menschen (selbständig) zu arbeiten.

**Automation.** Vor allem im anglo-amerikanischen Sprachgebrauch benutzte Bezeichnung eines Automatisierungsgrads, der sich durch Einsatz von Prozeßrechnern auszeichnet. Die „einfache“ Automatisie-

rung wird dagegen Automatisierung genannt.

**Automatisierung.** Gesellschaftlicher Prozeß, in dessen Verlauf fortschreitend menschliche Tätigkeiten durch Funktionen künstlicher Systeme (Automaten) ersetzt werden. Teilprozesse oder gesamte Arbeitsprozesse laufen nach einem vorgegebenen Programm selbsttätig ab, wobei die Produkte automatisch kontrolliert werden können und danach eine gezielte Beeinflussung der Produktionsmittel möglich wird. Der Mensch ist dabei nicht mehr streng in den zeitlichen Ablauf der Funktionen eingebunden.

In bezug auf den Informationsfluß kann die A. eines Arbeitsprozesses nach einem offenen (<sup>↑</sup>Steuerkette) oder geschlossenen Wirkungsweg (<sup>↑</sup>Abschaltkreis, <sup>↑</sup>Regelkreis) erfolgen. Die A. ist wesentlicher Bestandteil der seit Mitte des 20. Jahrhunderts in allen industriell hochentwickelten Ländern sich vollziehenden wissenschaftlich-technischen Revolution, die in Charakter und Auswirkung stark vom Stand der Produktionsweise abhängig ist. Der A.-Grad kennzeichnet den Stand der A. Die flexible A. gewinnt immer mehr an Bedeutung (<sup>↑</sup>Automatisierung, flexible).

**Automatisierung, flexible.** Produktionsautomatisierung, die sich dadurch auszeichnet, daß eine schnell wechselnde Erzeugnisnomenklatur mit geringer und mittlerer Auftragsgröße in kurzen Fristen automatisch bearbeitet bzw. hergestellt werden kann, ohne daß aufwendiges Umstellen anfällt. Das wird durch Einsatz von NCM, IR, Prozeßrechentechnik und entsprechender Software, Meß-, Prüf-, Montage- sowie Steuereinrichtungen erreicht.

Der f. A. liegt ein einheitliches Materialfluß- und Steuerungssystem zugrunde. Immer mehr werden <sup>↑</sup>CAD/CAM-Systeme zum Bestandteil der f. A. Sie schließt dann Entwicklung, Projektierung, Konstruktion und technologische Vorbereitung ein und reicht bis zur Steuerung und Durchführung der Produktion. Die f. A. stellt höchste Anforderungen an die Softwareentwicklung. Sie wird hauptsächlich auf diskontinuierliche Fertigungsprozesse an-

gewendet, wie sie im Maschinenbau und in der Elektrotechnik vorherrschen [6].

**automatisierungsgerechte Erzeugniskonstruktion** ↑Werkstückgestaltung, automatisierungsgerechte

**Automatisierungsgrad.** Kennziffer zur Charakterisierung des Niveaus der Automatisierung. Der A. kann z. B. auf der Basis der automatisierten Funktionen wie folgt berechnet werden:

$$A^\circ = \frac{\sum_i (F_{\text{aut}} P)_i \cdot 100}{\sum_i (F_{\text{aut}} P)_i + \sum_j (F_{\text{nicht aut}} P)_j}$$

Es bedeuten:  $A^\circ$  Automatisierungsgrad in Prozent;  $F_{\text{aut}}$  automatisierte und  $F_{\text{nicht aut}}$  nichtautomatisierte Funktionen;  $i$  und  $j$  Anzahl von Funktionen;  $P_i$  und  $P_j$  Wichtigungsfaktoren.

Die Wichtigungsfaktoren berücksichtigen Unterschiede hinsichtlich der Dauer der Funktionen im Produktionsprozeß, der Bedeutung für die Schaffung der Gebrauchs-eigenschaften, wie z. B. Genauigkeitsanforderungen.

**Automatisierungstechnik.** Gesamtheit der Verfahren, technischen Einrichtungen und Hilfsmittel (Meß-, Steuer-, Regel-, Rechen-, Handhabetechnik) für die technische Realisierung von Automatisierungsaufgaben. Bei der gerätetechnischen Betrachtung der A. stehen die verwendeten Geräte, ihre Funktion und die wirkenden Gesetzmäßigkeiten im Mittelpunkt. Bei der funktio-nellen Betrachtung interessiert in erster Linie die prinzipielle Realisierung der gesamten Steuer- und Regelprozesse aufgrund der Zuordnung der wirksamen Signale. Die A. betrifft alle wichtigen Industriezweige, Datenverarbeitung, Medizin, Bauwesen, Militärtechnik, Landwirtschaft usw.

**AUTOTECH.** Abk. für Automatisierung der technologischen Produktionsvorbereitung. Bausteinsystem, daß alle Methoden und Verfahren zur Realisierung formalisierbarer geistiger und anderer Arbeiten der technologischen Vorbereitung umfaßt, um Fertigungsprozesse optimal gestalten zu können. Es beinhaltet die Schaffung von theoretischen Grundlagen, Methoden,

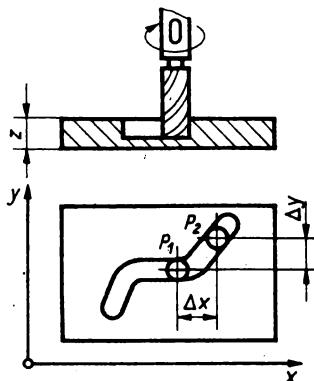
Verfahren, Algorithmen und Programmen auf der Basis einer einheitlichen Rechen- und Gerätetechnik für Forschung, Entwicklung, Projektierung, Konstruktion und Technologie.

**AUTOTECH-PRO.** Programmsystem als kompatibler Teil einer CAD/CAM-Lösung zum rechnergestützten Ausarbeiten und Ändern kompletter technologischer Prozesse im WZM-Bau, auch zur maschinellen Programmierung von NCM.

Es ist im Stapelbetrieb mit Dialogunterstützung anwendbar. Hauptsystemelemente sind: Steuer- und Eingabesystem, Grundprogramm-, Preprogramm-, Dateisystem, peripheres Teilsystem Quellenprogrammdatei, Arbeitsplanstammkarte-Pufferdatei, Wartung der Programmsysteme.

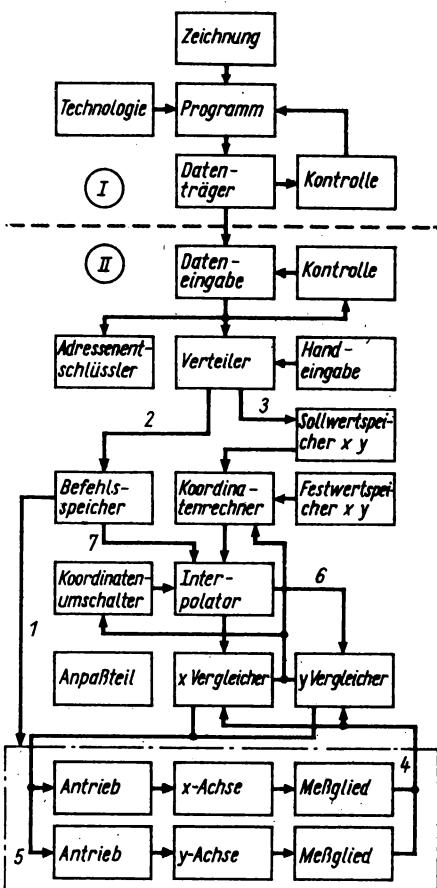
**Bahnsteuerung.** Steuerungsart, bei der 2 oder mehr Bewegungssachsen koordiniert und gleichzeitig so verstellt werden, daß vorgegebene ebene oder räumliche Kurven entstehen. Während der Bewegung befindet sich das Werkzeug im Eingriff (s. Bild a). Die B. bietet die Möglichkeit der Streckensteuerung und arbeitet mit einem ↑Interpolator, der die vorgegebenen Stützpunkte funktional verbindet. Die B. wird z. B. bei Bearbeitungszentren, Drahterodier-, Profilfräse- und -drehmaschinen, Brennschneidemaschinen, Koordinatenschreibern bzw. Zeichentischen angewendet.

Das Signalflussbild einer B. mit Inneninterpolator wird als Blockschaltbild (s. Bild b)



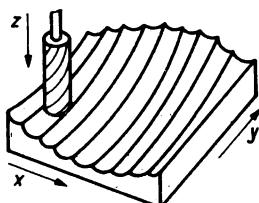
gezeigt. Es bedeuten: I äußere Datenverarbeitung; II innere Datenverarbeitung; 1 Schaltbefehle; 2 -informationen; 3 Weginformationen; 4 Istwert; 5 WZM; 6 Lage-Sollwert; 7 Vorschub.

**Bahnsteuerung, 2-D.** Zweidimensionale ↑Bahnsteuerung, bei der die zwei vom NCM-Hersteller fest vorgegebene NC-Achsen gleichzeitig und aufeinander abgestimmt gesteuert werden. Eine 3. Achse kann z. B. als Zustellbewegung unabhängig von den anderen NC-Achsen gesteuert werden. Die Werkzeugbewegungen erfolgen somit in einer Ebene.



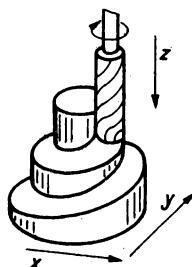
**Bahnsteuerung, 2<sup>1/2</sup>-D.** Zweieinhälbdimensionale ↑Bahnsteuerung, bei der 2 beliebige NC-Achsen gleichzeitig und auf-

einander abgestimmt gesteuert werden. Es sind Werkzeugbewegungen in den 3 verschiedenen Ebenen xy; yz und xz möglich, (s. Bild). Die B. erlaubt das schichtweise Fräsen dreidimensionaler Körper.



**x Achse für Zustellung  
yz NC-Fräsebene**

**Bahnsteuerung, 3-D.** Dreidimensionale ↑Bahnsteuerung, bei der 3 NC-Achsen aufeinander abgestimmt gleichzeitig gesteuert werden. Es sind beliebige räumliche Werkzeugbewegungen möglich (s. Bild).



**Bandregelung.** Regeleinrichtung an automatischen Bandzuführungen, die im Interesse eines exakten Bandeinlaufs die Kan tenlage abtasten und nachregeln oder die einen Bandvorrat als Schleife überwachen, z. B. mit Hilfe einer sog. „Tänzerwalze“, um einen Taktausgleich zwischen kontinuierlichem Abwickeln und taktweiser Verarbeitung zu sichern.

**BASIC** (beginners all purpose symbolic instruction code) ↑Programmiersprache

**Basishalter.** Einheitliches Aufnahmeelement für Maschinenwerkzeuge. ↑Werkzeughalter.

**Baueinheit.** Aus mehreren Baugruppen entstandene Einheiten, die sich durch ihre Funktionsmerkmale, Kenngrößen und Anschlußmaße baukastenmäßig zu individuell

an vorliegende Bearbeitungsaufgaben angepaßte ↑Sondermaschinen und ↑Taktstraßen, z. B. zur spanenden Vor- und Feinbearbeitung, kombinieren lassen. B. lassen sich in Grund-, Funktions- und Hilfseinheiten gliedern. Ihre Verwendung verringert den Konstruktions-, Herstell- und Erprobungsaufwand. Nicht mehr benötigte Fertigungseinrichtungen können aufgelöst und ihre B. für andere Produktionszwecke eingesetzt werden.

**Bauelement, -teil.** Konstituierender Bestandteil technischer Gebilde, der nicht in Teile mit eigenem funktionellem Verwendungsweck zerlegt werden kann; in der Elektrotechnik/Elektronik als Baustein bezeichnet.

**Baugruppe.** Geometrisch bestimmter Gegenstand, der durch mechanisches Zusammenfassen von mindestens 2 Bauteilen niederer Ordnung entstanden ist.

**Baukastenprinzip.** Gestaltungsprinzip, mit dem sich verschiedene Systeme mit unterschiedlicher Gesamtfunktion herstellen lassen, indem aus einem Repertoire von Elementen mit definierten Teilfunktionen einige ausgewählt und in verschiedenartigen Relationen miteinander verknüpft werden. Das B. hat sich z. B. im Sondermaschinen- und Vorrangungsbau durchgesetzt.

**Baukastensystem.** Repertoire von Elementen und Regeln, das für die Anwendung des ↑Baukastenprinzips erforderlich ist.

**BC.** Abk. für ↑Bürocomputer

**BCD-Kode** (binary coded decimals) binär kodiertes Dezimalsystem. ↑Binärkode

**BDE.** Abk. für Betriebsdatenerfassung

**Bearbeitungseinheit.** In der Fertigungstechnik eine konstruktive Einheit zur Realisierung einer Bearbeitungstechnologie. Die Bewegung ist meist auf eine Achse eingeschränkt. Mehrere B. ergeben eine ↑Bearbeitungsstation.

**Bearbeitungsstation.** In der Fertigungstechnik die Maschinen und aktiven Einheiten, die für die Durchführung des Hauptprozesses erforderlich sind. Die Anordnung der B. kann je nach Fertigungs-

aufgabe nach dem Werkstattprinzip oder gegenstandsspezialisiert erfolgen. Dazu werden die B. mit anderen Stationen zum Zweck der automatisierten Fertigung verbunden. Als B. dienen insbesondere Einzweck- oder Sondermaschinen, Bearbeitungszentren und Kombinationen von Bearbeitungseinheiten.

**Bearbeitungszentrum**, NCMC. NCM zur weitgehenden Fertigbearbeitung der Werkstücke einer Teilefamilie in einer Werkstückspannung durch die Realisierung mehrerer Fertigungsverfahren und dem automatischen Werkzeugwechsel als Charakteristikum. Typisch ist die wesentliche Verkürzung der Durchlaufzeiten und die Verbesserung der Werkstückgenauigkeiten.

Da i. allg. nur eine Spindel im Eingriff ist, müssen alle Bearbeitungen nacheinander erfolgen. Mitunter ist auch der Werkstückwechsel z. B. mit Hilfe eines automatischen Palettenwechslers in den automatischen Ablauf einbezogen.

**Bearbeitungszyklus** ↑fester Arbeitszyklus

**Befehl.** Anweisung des Menschen für Automaten, die einen Schritt innerhalb des Gesamtverlaufs eines Programms bestimmt, also eine Bewegung oder Funktion auslöst, und durch Symbole (Buchstaben, Ziffern, usw.) oder Symbolketten (Wörter) in einer beliebigen Programmiersprache abgefaßt sein kann.

**Befehlssteuerung.** Einfachste Form einer Steuerung zur Inbetriebsetzung von Maschinen und Anlagen, bei der jeder Steuervorgang manuell, z. B. über Taster, ausgelöst wird.

**Beschicken.** Alle Verrichtungen, die die Werkstückhandhabung an Fertigungseinrichtungen betreffen, insbesondere das Ein- und Ausgeben bzw. das Aufnehmen und Ablegen. Das B. ist ein Unterbegriff des Handhabens. Das B. kann durch spezielle Einlege- und Ladeeinrichtungen, aber auch durch IR erfolgen.

**Beschickungsspeicher** ↑Werkstückspeicher

**Betriebsart.** Kennzeichnung der Art der Informationsverarbeitung als Funktion der Zeit bzw. des Arbeitsfortschritts. Sie läßt sich z. B. an einem Wahlschalter einstellen.

len. Beim Automatik- oder Programmtrieb wird nach einmaliger Betätigung der Starttaste das ganze Programm satzweise abgearbeitet. Der externe Abgleich bzw. das Koinzidenzsignal fordert von der Eingabeeinheit den nächsten Satz an. Beim Halbautomatik- oder Einzelsatzbetrieb wird nach jedem Satz das Programm durch Drücken der Starttaste fortgesetzt. Im Handbetrieb werden alle Steuerfunktionen oder Teile davon über Schalter oder Tasten eingegeben. Bei Tippbetrieb werden die Befehle der Taster nicht steuerungsintern gespeichert. Sie wirken nur während der Betätigung. Als Einrichtbetrieb wird teilweise der Tippbetrieb oder der Einzelsatzbetrieb bei reduzierter Geschwindigkeit verstanden. Es erfolgt eine Auflösung von Folgen in Einzelbefehle. Es gibt viele weitere B.

**Betriebssystem.** Programmsystem zur einheitlichen Steuerung und Nutzung aller Gerätekomponenten z. B. einer Rechnersteuerung.

**Bewegungssachse** ↑Bewegungseinheit

**Bewegungseinheit**, Achse, Koordinate. Baugruppe zur Erzeugung einer gesteuerten Bewegung, z. B. an einer NCM, wobei die erreichte Beweglichkeit zwischen Werkstück und Effektor auch als „Freiheitsgrad“ bezeichnet wird. Der Begriff B. beinhaltet Schlitten (Translation) und Drehvorrichtung (Rotation), wie z. B. Tische, Spindeln, Pinolenbewegungen. Der Fahrbefehl kann der B. z. B. durch die NC erteilt werden. Während der Freiheitsgrad von Objekten i. allg. maximal 6 sein kann (3 Schiebungen im Raum und Rotation um diese Achsen), werden bei NCM parallele Bewegungen als getrennte Achsen gezählt, wenn sie unabhängig voneinander erfolgen. 5 B. sind z. B. erforderlich, wenn das Werkzeug bei räumlichen Kurven (↑Bahnsteuerung) stets parallel zur Flächennormale geführt werden soll. ↑Koordinatenachse

**Bezugskoordinatensystem.** Koordinatensystem, das ausgehend von der notwendigen geometrischen Beschreibung, beliebig vereinbart werden kann und i. allg. mit markanten Bearbeitungsstellen, z. B. eine

Bohrungsmitte, übereinstimmt, um Koordinatenumrechnungen zu vermeiden.

**Bezugsmaßsystem.** Bemaßungssystem, bei dem die Werkstück-Sollwerte vom Nullpunkt des Werkstücks aus vorgegeben werden (Absolutmaßsystem). Die zu programmierenden Vorzeichen legen den Bearbeitungsquadranten im rechtwinkligen Koordinatensystem fest. Kumulative Fehler treten praktisch nicht auf. Das B. wird häufig bei manueller Programmierung verwendet.

**Bildschirmeinheit.** Gerätetechnische Einheit mit integriertem Bildschirm zur Kommunikation zwischen Bediener und Rechner.

**binär.** Eigenschaft, die eine Auswahl oder Bedingung enthält, bei der es 2 Möglichkeiten gibt. ↑Dual(zahlen)system.

**Binärkode,** Binärsystem. Kode, bei dem jedes Zeichen der Bildmenge ein Wort aus Binärzeichen ist: das sind Zeichen aus einem Zweizeichenalphabet, z. B. 0–1, 0–L.

Häufig werden Dezimalziffern durch ihre (vierstelligeren) dualen Entsprechungen ersetzt, z. B. die Dezimalzahl 75 entspricht den Tetraden 0111 0101 (BCD-Kode). Man spricht dann auch von einem tetradischen B. (s. Tabelle). Von besonderer Bedeutung bei arithmetischen Verknüpfungen ist der BCD-Kode.

Binärwort Stellenwert 8421	Dezimalziffer			
	BCD-Kode	Aiken-Kode	Gray-Kode	Dreiecks-Kode
0000	0	0	0	—
0001	1	1	1	—
0010	2	2	3	—
0011	3	3	2	0
0100	4	4	7	1
0101	5	—	6	2
0110	6	—	4	3
0111	7	—	5	4
1000	8	—	(9)	5
1001	9	—	—	6
1010	—	—	—	7
1011	—	5	—	8
1100	—	6	8	9
1101	—	7	9	—
1110	—	8	—	—
1111	—	9	—	—

**bistabiles (Kipp-) Element,** Flipflop. Elektronische, meist kontaktlose Schaltung mit 2 stabilen Zuständen, die Grundelement eines Informationsspeichers ist. Man unterscheidet 4 Typen: D-, T-, RS- und JK-Flipflop.

**Bit** (binary digit). Bezeichnung für eine einzelne Stelle eines Binärworts, deren Wert 0 oder 1 sein kann. Die Kleinschreibung bit kennzeichnet die Maßeinheit für die Informationsmenge.

**Blockabtastung,** -lesung. Gleichzeitiges Einlesen aller Informationen eines Satzes (Blockes) mit stets konstanter Länge, wobei die Informationen immer an der gleichen Stelle so lange stehen, bis der nächste Blockwechsel erfolgt (Paralleleingabe). Die Abtasteinrichtung übernimmt damit gleichzeitig die Funktion eines Zwischen-speichers. Alle Informationen, auch wenn sich der Inhalt gegenüber dem vorherigen Satz nicht ändert, müssen in jedem Satz neu eingegeben werden. Vgl. ↑Serienab-tastung.

**Bohrerbruchkontrolle** ↑Werkzeugüberwa-chung

**Bremsvorgang.** Bewegungsverhalten beim Verringern der Geschwindigkeit eines be-wegten Maschinenteils, z. B. eines Schlit-tens. Bedeutungsvoll ist der Bremsweg. Der B. kann durch die Drehmomentengleichung  $M_{\text{Motor}} = M_{\text{kinetisch}} - M_{\text{Reibung}}$  charakterisiert werden.

**Bremsweg.** Weg, den ein Maschinenschlit-ten innerhalb der Bremszeit zurücklegt. Wird die Energie als Bezugssgröße gewählt, so errechnet sich der B. in folgenden Schritten (ohne Berücksichtigung der Reibung):

1. Ermitteln der Massenträgheitsmomente  $J$  der rotierenden Massen (Stahlwellen) in  $\text{kgm}^2$   

$$J = 0,76576 \cdot 10^{-12} (D^4 - d^4) \text{ l}$$
2. Ermitteln des Gesamtträgheitsmo-ments der Welle i  

$$J_{\text{ges}} = \sum J$$
3. Berechnung der Rotationsenergie  $E_R$  in Nm entsprechend der Wellendreh-zahl  $n$  ( $\text{min}^{-1}$ )  

$$E_R = 5,483 \cdot 10^{-3} J n^2$$

- Berechnung der Translationsenergie (Schlitten-, Werkstückmasse)  $E_T$  in Nm  
 $E_T = m \cdot v^2 / 7200$
- Ermitteln der Gesamtenergie,  $E_{ges}$  in Nm

$$E_{ges} = E_T + E_R$$

Diese Energie muß in der Bremse vernichtet werden.

- Ermitteln der Bremszeit  $t_{Br}$  in s  
 $t_{Br} = (19,1 E_{ges}) / (M_{Br} n_{Br})$
- Ermitteln des Schlitten B.  $s_{Br}$  in mm bis zum Stillstand  
 $s_{Br} = (t_{Br} v_{Br}) / 120$ .

Es bedeuten: D, d, l Hohlzyllindermaße in mm; v Vorschubgeschwindigkeit in m/min; m Masse in kg;  $M_{Br}$  Bremsmoment in kgm;  $n_{Br}$  Bremswellendrehzahl in min<sup>-1</sup>.

**Bürocomputer, BC.** Rechner, der ursprünglich als Datenerfassungsgerät für Buchungs- und Fakturierzwecke konzipiert wurde, aber auch eine breite Anwendung in Industrie, Lehre und Forschung erlaubt, insbesondere in der technologischen und konstruktiven Fertigungsvorbereitung, Projektierung und Ökonomie, z.B. zur Erfassung und Änderung von Arbeitsplanstammkarten und Stücklisten, rechnergestützten Werkzeugermittlung, maschinellen Programmierung für NCM, rechnergestützten Ausarbeitung von Arbeitsplanstammkarten, NC-Quellenprogrammverwaltung.

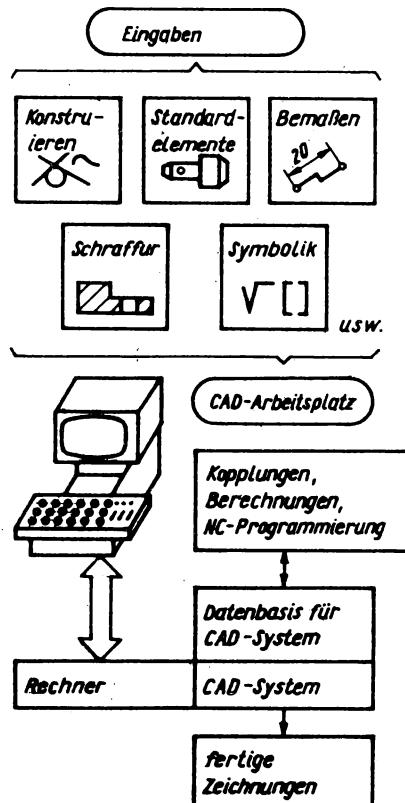
**Bus.** Datensammelschiene in Form einer parallelen Anordnung von mehreren Leitungen zur gleichzeitigen Übertragung von Informationen zwischen mehreren Funktionseinheiten in einer mikrorechen-technischen Anlage.

**Byte.** Bezeichnung für eine kleinste Dateneinheit, die aus 8 Binärstellen (8 Bit) besteht; Maßeinheit für die Kapazität von Speichern; kleinste adressierbare Speicherkapazität eines Rechners. 1 K(Kilo-) B. = 1024 B.; 1 M(Mega-) B. = 1024 KB. = 1 048 576 B.; 1 G(Giga-) B. = 1 048 576 KB. = 1 073 741 824 B.

**CAC** (computer-aided clamping system) rechnergeführte automatische Werkstückspannung auf z. B. autonomen zuleitungs-freien Systempaletten. Spannzyklen, Ein-

stellbewegungen, Spannkräfte usw. sind programmierbar. Steuerlogik, Ölspeicher, Hydrauliknetz, Batterien, elektrohydraulische Kraftwandler u. a. werden mitgeführt.

**CAD-System** (computer-aided design; computer-aided drafting) rechnergestütztes Entwerfen und Konstruieren. Mit C. wird ein Rechnerhardware- und -softwaresystem bezeichnet, das die Automatisierung von Entwurfs- und Berechnungsprozessen vorrangig in der Konstruktion und technologischen Vorbereitung ermöglicht. Die Arbeitsunterlagen werden automatisch erstellt (s. Bild). Immer mehr wird die Verknüpfung zu ↑CAD/CAM-Systemen angestrebt [4].



**CAD/CAM-System** (computer-aided design computer-aided manufacturing) leistungsfähiges Rechnerhardware- und -software-

system zur durchgängigen rechnergestützten Vorbereitung und Durchführung der Produktion. Die vom Konstrukteur am Bildschirm entwickelten Erzeugnisse werden als rechnerinternes Modell gespeichert. Die Modelldaten können kundenwunschabhängig variiert und die kompletten Zeichnungen über automatische Zeichentische (Plotter) ausgegeben werden. Durch Kopplung mit Datenbanken lassen sich Fertigungsunterlagen, Steuerlochstreifen für NCM, Listen für die Materialplanung und -bestellung usw. automatisch ausarbeiten; s. auch **AUTOTECH**. Eine Datenbasis dazu muß folgende Aktivitäten unterstützen: Entwerfen, Gestalten und Ändern von 3-D-Objekten; technische Analyse des fertigen Objekts; erzeugen grafischer Dokumentationen; Fertigungsvorbereitung und Werkstückprogrammierung; Konstruktion und Herstellung erforderlicher Werkzeuge, Spannzeuge, Gesenke, Qualitätskontrolle und Prüfung.

**CAE** (computer-aided engineering) rechnergestützte Produktionsvorbereitung, die die rechnergestützte Entwicklung von Erzeugnissen (CAD) sowie Planung und Bilanzierung (CAP) umfassen kann. Es gibt auch Systeme der rechnergestützten Produktionsvorbereitung, die bereits mit Teilen der Fertigung gekoppelt sind.

**CAI** (computer-aided inspection; computer-aided industry) rechnerunterstützte Gewinnung von Informationen durch Inspektion, z. B. mit Hilfe von Sichtsystemen; rechnergeführte Industrie.

**CAM-System** (computer-aided manufacturing) rechnergestützte Fertigung, sowohl auf Einzelmaschinen als auch in Fertigungsabschnitten und -systemen, wobei diese mit rechnergestützten betrieblichen Systemen des Transports und des Lagerwesens sowie der Qualitätssicherung gekoppelt sein können.

**CAP** (computer-aided planning; computer aided programming) rechnergestützte technologische Fertigungsvorbereitung, z. B. Erstellung von Arbeitsplanstammkarten, Zeitvorgabenberechnung, Steuerlochstreifenerstellung für NCM, Auftragsplanung

und Bilanzierung. Außerdem werden noch folgende Akronyme verwendet: CAPP (computer-aided process planning) für rechnergestützte Arbeits- bzw. Montageprozeßplanung und CAPSC (computer-aided production scheduling and control) für rechnergestützte Fertigungsplanung und -steuerung. Die Bezeichnungen werden bisher nicht einheitlich verwendet.

**CAQ** (computer-aided quality assurance) Qualitätssicherung mit Rechnerunterstützung. Damit zusammenhängend werden für die rechnerunterstützte Prüfplanung die Akronyme CAT (computer-aided testing) und CAQP (computer-aided quality planning) verwendet.

**CAT** ↑**CAQ**

**CCMS** (computer controlled manufacturing system) rechnergesteuertes Fertigungssystem, als eine flexible Fertigung 2. Generation, bei der der Rechner die Kommunikation und das Zusammenwirken von Maschinen und IR in optimaler Weise ordnet, die einzelnen Ablaufprogramme speichert und den problemlosen Übergang von einem Programm zum anderen ermöglicht. Die nächsthöhere Stufe (3. Generation) ist das **CIM**, bei der der Rechner die volle Kontrolle über das Fertigungssystem ausübt.

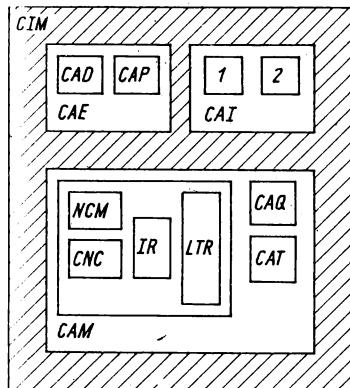
**CIM** (computer integrated manufacturing) rechnerintegrierte Fertigung (Produktion), Zusammenfassung von CAD, CAM, CAP, CAQ u. a. zu einer Produktionsstruktur mit durchgängigem Informationsfluß, d. h. Lösungen, die auf der Datenkommunikation zwischen Digitalrechnern basieren.

Dem CIM liegen zwei Prinzipien zugrunde: Der Produktionszyklus beginnt mit der Auftragsentgegennahme und endet beim Absatz der Erzeugnisse. Er wird als monolithische, unteilbare Funktion betrachtet. Es ist nicht zweckmäßig, einzelne Teile zu isolieren.

Der Produktionszyklus ist eine Reihenfolge von Datenverarbeitungsoperationen, weil Produkte oder Werkzeuge letztlich als materielle Darstellungen von Daten betrachtet werden können. CIM ist als evolutionärer Prozeß zu verstehen, der gegenwärtig noch nicht vollständig be-

schrieben werden kann. Manches ist vorläufig nur Projekt.

Ahnliche Vorhaben werden auch unter anderen Bezeichnungen diskutiert, z. B. CIAM (computerized integrated automated manufacturing; rechnerintegrierte automatische Produktion), ICAP (integrated computer aided production; integrierte rechnerunterstützte Produktion) und CIMS (computer integrated manufacturing system), ein vollständig rechnerintegriertes automatisches Produktionssystem, das Produktionsvorbereitung und Fertigung mit hoher Flexibilität und Komplexität erfaßt (s. Bild).



- 1 Leitung und Planung
- 2 Überwachung von Gebäuden, Entsorgung, Energieversorgung

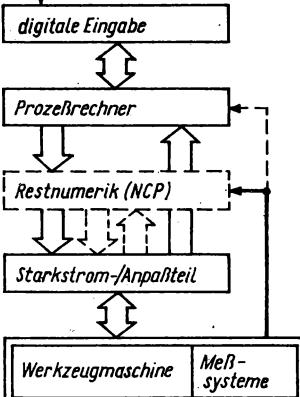
CLDATA (cutter location data) Werkzeugpositionsdaten.

**closed loop.** Art des Zusammenwirkens von technologischen Prozessen und Prozeßrechner, bei der der Rechnerausgang gerätetechnisch mit dem Prozeß gekoppelt ist, um dessen Stellglieder automatisch zu betätigen.

**CNC-System** (computerized numerical control-System) heute übliche Form der numerischen Steuerung, die in ihrem Aufbau einen freiprogrammierbaren Kleinrechner enthält (s. Bild a).

Das interne Steuerprogramm ist als eine Folge von Anweisungen für den Rechner auf der Basis von Mikroprozessoren in einem Halbleiterspeicher festgelegt. Oft

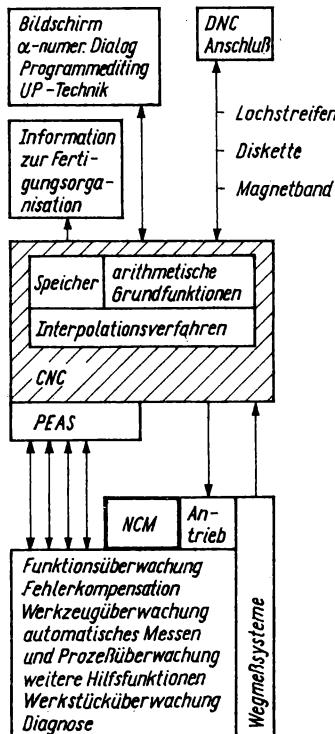
Handbedienung  
Programmiertastatur  
Programmierschreibmaschine, Datenträger, Leser  
Programmireinrichtung, Rechner, Datenträger, Leser



a)

sind mehrere voneinander unabhängige Mikrorechner eingesetzt, so daß viele Bewegungsabläufe der WZM-Aggregate gleichzeitig gesteuert werden können. Zusätzlich erfolgt eine Aufbereitung der Programmdaten für die nachfolgenden Bewegungen. Die einzelnen Rechner können aber auch über ein Bussystem untereinander in Verbindung treten. Kennzeichnend ist für ein CNC-S., daß jeweils nur ein Teileprogramm, das gerade laufende, verfügbar ist. Die Arbeitsinformationen werden an die angeschlossene(n) Maschine(n) schrittweise eingegeben. Ein CNC-S. weist viele Funktionen auf, die mit konventionellen Steuerungen nicht wirtschaftlich realisiert werden konnten, z. B. Anpassung an verschiedene Programmformate, Programm- und Korrekturspeicher, erweiterte Interpolation, Meßfehlerkompensation der Bewegungssachsen, gesteuerte Beschleunigung und Verzögerung. Hieraus ergeben sich auch wirksamere Programmierungsmethoden, z. B. feste Arbeitszyklen, Musterwiederholung, parametrische Unterprogrammtechnik und

**Programmoptimierung.** Die Bedienung wird durch Hilfen unterstützt, z. B. Statusmitteilungen über Bildschirm, Einschaltdiagnose, On-line-Diagnose von Maschinen- und Steuerfunktionen während des Betriebs, Off-line-Diagnose oder die Stillstandszeitüberwachung (s. Bild b). Zur Realisierung z. B. der arithmetischen Funktionen ist eine ausreichend hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit nötig, um vorgegebene Zeitbedingungen einzuhalten. Für Gleichstrom-Servoantriebe ist eine Abtastfrequenz bis etwa 200 Hz erforderlich, d. h., es muß alle 5 ms ein neuer Lage-Sollwert erzeugt werden.



b)

Für den zeitgesteuerten Ablauf von Rechenprozessen und für die schnelle Reaktion auf Fehlersituationen müssen hinreichende Interruptmöglichkeiten bestehen. Wichtig sind vor allem sehr kurze Startverzögerungen (wenige 100 µs) der zugehörigen Rechenprozesse, um undefiniertes

Maschinenverhalten zu vermeiden. Der Zeitbedarf für die Verwaltung der Ablaufsteuerung muß sehr klein im Verhältnis zu den Systemzeitkonstanten der WZM sein. Das CNC-S. wird für WZM zur spanenden und auch spanlosen Bearbeitung verwendet, z. B. Dreh-, Fräsen-, Bohr-, Drahtbiege-, Blechschneid-, Erodiermaschinen, Montagesysteme, IR.

**Compiler.** Allgemeingültiger Oberbegriff für ein Übersetzungsprogramm, daß z. B. die in einer Programmiersprache in Form des Quellprogramms geschriebene Problembeschreibung in das sog. Objektprogramm umwandelt.

**Dämpfung.** Fähigkeit eines Systems, Schwingungen entgegenzuwirken und diese abzubauen. Sie wird z. B. bei NCM vom Geschwindigkeitsregelkreis beeinflußt. Die D. kann am Geschwindigkeitsvergleicher eingestellt werden, indem für eine Geschwindigkeitsdifferenz ein mehr oder weniger großer Geschwindigkeitszuwachs verursacht wird. Je größer die D., um so geringer die Reaktionsfähigkeit des Systems.

**Datei.** Sammlung von Daten, die auf einem externen Speicher für eine bestimmte Aufgabe oder unter einem bestimmten Aspekt erfaßt werden und im gewissen Sinne vollständig sind. Eine D. steht gewöhnlich mehreren Nutzern zur Verfügung und muß deshalb eine nutzerunabhängige Struktur aufweisen.

**Daten.** Numerische und alphanumerische Angaben über Gegenstände, Prozesse oder Vorgänge, die sich in einer für die Rechentechnik erkennbaren Weise kodieren lassen. Stamm-D. bleiben längere Zeit unverändert, z. B. technisch-technologische Primärinformationen, Materialdaten usw.; Bewegungs-D. oder variable D. betreffen den ablaufenden Produktionsprozeß, Material- und Bestandsveränderungen. Bewegungs-D. ändern sich ständig, also mit jedem Vorgang oder innerhalb gewisser Zeiträume.

**Datenbank.** Miteinander verbundene Datateien, die sowohl Werkstück- als auch Organisationsdaten, z. B. Werkstücknum-

mern, Produktionspläne, Teilelisten, umfassen. Diese Daten lassen sich in verschiedener Weise verwenden, z. B. um Teilefamilien auszuarbeiten oder Arbeitspläne automatisch zu erstellen. Die Gesamtheit der für die Organisation einer D. notwendigen Programme wird als D.-Betriebssystem bezeichnet. D. sind eine grundlegende Voraussetzung für die integrierte Datenverarbeitung in durchgängigen Automatisierungslösungen.

#### Datenendplatz, -stelle ↑Terminal

**Datenträger.** Hilfsmittel, daß verwendet wird, um erfaßte Daten aufzunehmen und abzugeben. Es ist geeignet, unabhängig von dem Mechanismus, der zu seiner Interpretation verwendet wird, transportiert zu werden, z. B. Lochkarte, Magnetband, Lochband, Diskette, Vordrucke.

**Datenverarbeitung.** Automatische (elektronische) Verarbeitung von Daten auf Rechnern, z. B. Erfassen, Aufbereiten, Übertragen, Berechnen, Darstellen, Auswerten, Aufbewahren, unter Anwendung von Algorithmen [5].

**Datenverarbeitung, äußere.** In der NC-Technik alle Arbeiten zur Aufbereitung der für eine NC benötigten Informationen aus den Formangaben des Werkstücks und der einzusetzenden Technologie bis zur Erstellung des Informationsträgers. Die dabei anfallenden Tätigkeiten werden unter dem Begriff Programmierung zusammengefaßt.

**Datenverarbeitung, innere.** In der NC-Technik die Datenverarbeitung vom Eingeben der Daten in die NC bis zur Reaktion der Stellglieder der NCM. Sie umfaßt Dateneingabe, -verarbeitung, -sicherung und -ausgabe.

#### DAU ↑Digital-Analog-Umsetzer

**DDA-Verfahren** (Digital-differential-analyzer-Verfahren) digitale Differenzensumination; Interpolationsverfahren zur Linear- oder Zirkularinterpolation, bei dem als Ausgang die Differentialgleichung einer Kurve schrittweise durch Aufsummieren integriert wird. Da sich auch Fehler aufsummieren, ist die Genauigkeit des

D. beschränkt, kann aber durch Zusatzglieder verbessert werden.

**DDC** (direct digital control) direkte digitale Regelung, die on-line mit einem Prozeßrechner ausgeführt wird, wobei der Regelalgorithmus durch ein Programm realisiert wird. Eine Form des DDC ist die digitale Vielfachregelung, bei der der Prozeßrechner die unabhängige Regelung vieler einfacher Regelkreise übernimmt, wobei die individuellen Regler entfallen oder als gerätetechnische Redundanz gebraucht werden und der Rechner direkt die Stellorgane über eine DDC-Koppel-einrichtung ansteuert.

**Dekadenschalter.** Schalter mit 10 definier-ten Zuständen.

**Dekoder.** Kodeumsetzer (↑Entschlüsseler) mit mehreren Ein- und Ausgängen, bei dem für jede spezifische Kombination von Eingangssignalen immer nur je ein be-stimmter Ausgang ein Signal abgibt.

**Dialogbetrieb.** Interaktive Kommunikation zwischen Bediener und Rechner über Tastatur und Bildschirmanzeige. Der D. ermöglicht dem Bediener z. B. die Ein-gabe spezifischer Daten, um gewisse Pa-rameter, die in allgemeiner Form im Pro-gramm enthalten sind, genau zu definie-ren.

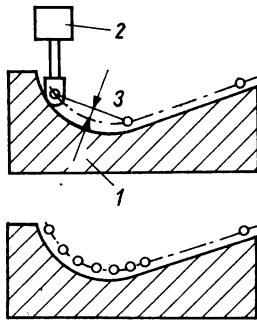
**digital.** Digitale Größen sind solche, deren zahlenmäßiger Wert durch diskrete Ein-zelgrößen angegeben wird.

**Digital-Analog-Umsetzer.** DAU. Funktions-einheit, die ein digitales Eingangssignal in ein analoges Ausgangssignal, z. B. eine elektrische Spannung, umsetzt.

**Digitalisiergerät, -arbeitsplatz.** Gerät zur punktweisen oder kontinuierlichen Um-setzung grafischer Darstellungen, z. B. Zeichnungen, Kurvenverläufe, in numeri-sche Daten zum Zweck der Eingabe in einen Rechner. Die Vorlage wird dazu mit einem Cursor oder Lichtstift manuell ab-getastet. Dabei werden Koordinatenwerte mit einer Auflösung von z. B. 0,01 mm an den Rechner übermittelt und gespeichert. Unregelmäßigkeiten durch das manuelle Abtasten können nachträglich über ent-sprechende Software geglättet werden.

Linien, Kreise und ähnliche einfache Darstellungen können nach Aufnahme von charakteristischen Punkten ebenfalls mit Hilfe der Software generiert werden. Die Bedienung erfolgt i. allg. über ein Menüfeld. D. sind eine wesentliche Voraussetzung für die rechentechnische Verarbeitung grafischer Informationen, z. B. bei der NCM-Programmierung, Leiterplattenentwicklung und Projektierung.

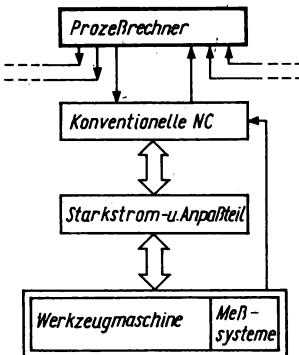
**Digitalisierung zur Fräsbahnbestimmung.** Verfahren zur Ermittlung von Bahnpunkten an einem körperlichen Modell 1 (s. Bild) durch Abtasten mit einem Fühler 2, um danach eine Kopierbearbeitung auf einer NCM durchführen zu können. Das analoge Signal wird während der Abtastung unter Berücksichtigung von bestimmten Kriterien digitalisiert und z. B. auf einer Diskette gespeichert. Die Datenmenge wird hierbei sinnvoll reduziert, je nachdem, welche Konturabweichung 3 (Sehnenabweichung oder Abstand konsekutiver Punkte) zulässig ist.



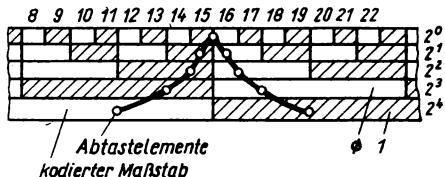
**Display.** Kombiniertes Eingabe-Ausgabe-Gerät mit einem Bildschirm zur visuellen Informationsdarstellung in alphanumerischer oder grafischer Form als Kommunikationsmittel für einen Bediener.

**DNC-System** (direct numerical control). Steuerungsstruktur, bei der mehrere NCM, auch IR, direkt von einem übergeordneten Prozeßrechner mit Werkstückbearbeitungs- bzw. Handhabeprogrammen versorgt werden (s. Bild). Die NC-Arbeitsprogramme werden in Externspeichern des Rechners gespeichert und bei Bedarf von den WZM abgerufen. Der Rechner

speichert, verwaltet und verteilt zeitgerecht die Steuerinformationen an die angeschlossenen NCM. Die übliche Lochstreifeneingabe entfällt damit. Der Rechner kann auch Betriebszustandsdaten protokollieren und dann außer der Werkstückbearbeitung ebenso den Transport steuern. Die NCM sind zum Zweck der Kopplung mit einem DNC-Interface ausgestattet, daß den Datenaustausch in beiden Richtungen sichert.



**Doppelablesung, V-Ablesung.** Art der Ablesung digitaler Absolutmaßstäbe in Wegmesssystemen, bei der durch eine V-förmige doppelte Ablesung (s. Bild) eine



Fehlablesung vermieden wird, die durch den gleichzeitigen Wechsel der Hell-Dunkel-Felder in mehreren Spuren infolge von Herstell- und Justierfehlern kurzzeitig entstehen kann. Die Auswertung der Signale erfolgt mit einer logischen Schaltung nach der Regel: Voreilend ablesen in der Spur n, wenn in der Spur n-1 der Wert Ø abgelesen wurde (Dunkelfeld); nacheilend ablesen in der Spur n, wenn in der Spur n-1 der Wert 1 abgelesen wurde (Hellefeld). Die Spur 2° wird damit zur Entscheidungsspur. Die Zulässigkeit einer solchen Verfahrensweise begründet

sich auf dem Bildungsgesetz des Dualkodes. Nachteilig ist bei der D. der zusätzliche Aufwand für die Logik und die Anzahl der Leseelemente. Der Abstand der Fotodioden ab Spur 2<sup>i</sup> beträgt jeweils 1/4 der Teilung der betreffenden Spur.

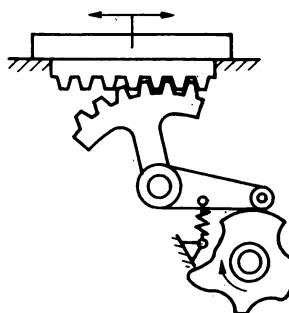
Anstelle der D. ist auch die Anwendung eines Kodes möglich, z. B. Gray-Kode, bei dem von Wegeinheit zu Wegeinheit immer nur in einer Spur ein Übergang vom Hell- zum Dunkelfeld auftritt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, nicht auf den Kanten abzulesen. Dazu ist eine zusätzliche Entscheidungsspur nötig, deren Teilung feiner ist, als die feinste Spur des Maßstabs.

**Doppelgreifarm, Ladearm.** Meist prozeßspezifische Handhabeeinrichtung zum automatischen Be- und Entladen von WZM, wobei sich beide Arme i. allg. gemeinsam von der Werkstückaufnahmeposition zur Spannposition bzw. von dieser zur Ablageposition bewegen. Vorteilhaft sind die einfache Kinematik und die kurze Beschickungszeit von z. B. 5 bis 12 s. Die Greiffinger sind gewöhnlich der Werkstückform und -größe angepaßt und schnell wechselbar. D. finden auch als Werkzeugwechsler an NCM vielfältig Verwendung.

**Drehautomat.** WZM, die nach einmaliger Einstellung Werkstücke aus Stangen oder Ringwerkstoff sowie aus vorgeformten Teilen selbsttätig vorwiegend drehbearbeitet, bohrt und gewindeschneidet. Bei Vollautomaten werden auch der Werkstoff oder die Einzelteile selbsttätig zugeführt; bei Halbautomaten werden die Rohlinge manuell ein- und ausgespannt, und nur der Arbeitszyklus wird gesteuert [2].

**Drehautomat, kurvengesteuerter.** ↑Drehautomat, dessen Programmspeicher als Ein- oder Mehrkurve bzw. -kurvensatz (s. Bild) ausgeführt ist. Bewegungsrichtungen, Wege und Geschwindigkeiten der Werkzeuge sowie der Koordinierung aller Einzelbewegungen sind in Kurven (↑Kurvensteuerung) festgelegt. Durch Übertragungsmechanismen kann eine Geschwindigkeitsverstärkung oder Wegübersetzung erfolgen. K. D. können nach der Zahl der Arbeitsspindeln (↑Einspindelautomat, ↑Mehrspindelautomat), nach der Steue-

rungsart (Steuerung mit und ohne Schnellschaltwelle), nach der Art der Werkstoffzufuhr und nach dem technologischen Einsatzgebiet gegliedert werden.



**Drehmelder.** Induktiv rotatorisch arbeitendes Wegmesssystem, dessen ein- oder mehrphasig gewickelte Primär- und Sekundärteile konzentrisch zueinander gelagert sind und deren Verdrehung eine elektrisch messbare Größe liefert. Der D. dient als wichtiges Bauelement in analogen Folgeregelkreisen und Wegmesssystemen (↑Resolver).

**Drehmeldermeßgetriebe.** Präzisionszahnradgetriebe, mit dem mehrere Drehmelder (↑Resolver) verbunden werden, um Fein- und Grobmefßbereiche zu erhalten oder um bei Ankopplung an eine Spindel mit vorgegebener Steigung eine größere Auflösung zu erreichen.

**Dreistellungstaster** ↑Nachformsteuerung, elektrische.

**Drift.** Veränderung bestimmter Einstellparameter eines Gerätes bzw. einer Einrichtung im Laufe der Zeit.

**Druckluftzylinder,** programmierbarer. Pneumatischer Motor zur Erzeugung einer Linearbewegung, der z. B. über eine Steuerung oder über einstellbare Anschläge in mehreren Punkten genau positioniert werden kann. Die erforderlichen Positionen können im ersten Fall durch direkte Eingabe vom Bedienpult mittels Handeingabe vorgewählt werden. Die Verriegelung für den Kolben erfolgt mittels mechanischer und/oder pneumatischer Spannsysteme. Es sind Positionierfehler von z. B.  $\pm 0,3$  mm erreichbar.

**dual.** In Zweizahl auftretend; eine Zweizahl bildend.

**Dual(zahlen)system.** Positionssystem, bei dem jeder Stelle eine Wertigkeit zugeordnet ist, die den Potenzen von 2 entspricht, also

$$\begin{array}{ccccccccc} 2^6 & 2^5 & 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 & 2^{-1} & 2^{-2} \\ 64 & 32 & 16 & 8 & 4 & 2 & 1 & 1/2^1 & 1/2^2 \end{array}$$

Das D. ist ein spezielles Binärsystem. Im D. sind alle Rechenoperationen auf Addition, Komplementbildung (Inversion 0 und 1) und Stellenverschiebung zurückführbar. Damit ist es gut zur elektronischen Verarbeitung geeignet.

**Durchlaufspeicher.** ↑Werkstückspeicher in der Funktion eines Störungsspeichers, bei dem alle Werkstücke ständig in unveränderter Folge alle Speicherplätze durchlaufen, deshalb auch mit „first in – first out“ (FIFO) bezeichnet. Die Durchlaufzeit kann je nach Konstruktionsprinzip größer, gleich oder kleiner als die Taktzeit der Anlage sein.

Rücklauspeicher arbeiten dagegen nach dem Prinzip „first in – last out“ (FILO) und treten nur im Bedarfsfall in Aktion. Bei Umlaufspeichern werden alle vorrätigen Werkstücke ständig in einem Kreislauf bewegt. Sie werden nur bei Bedarf an der entsprechenden Station automatisch in Anspruch genommen.

**Durchlichtverfahren.** Verfahren zur fotoelektrischen Abtastung von Strichgittern, die auf durchsichtigen Maßstäben, z. B. Glasmaßstäbe von 6 bis 15 mm Dicke, zum Zweck der Weg- bzw. Winkelmessung aufgebracht sind. Das durch den Maßstab hindurchtretende Lichtbündel wird über Fotoelemente ausgewertet. Die Teilung kann z. B.  $T \geq 0,008$  mm betragen.

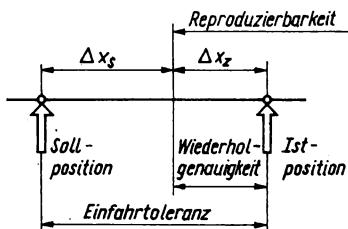
**Echtzeitsteuerung.** Verwendung eines Systems, das in der Lage ist, genügend schnell zu arbeiten, um externe Ereignisse zu analysieren, zu steuern oder durch externe Ereignisse, die gleichzeitig ablaufen, gesteuert zu werden.

**Editor.** Steuerprogramm zum Eingeben und Abspeichern von Quellprogrammen auf einen Datenträger. Zum E. gehören

auch Programme zum Redigieren von Programmen, d. h. Programmkorrektur (Ändern, Weglassen, Ergänzen) durch Bedienhandlungen.

**EIA-Kode.** Kode, der 6 informationstragende Bit innerhalb der 8 Spuren verwendet und ein Prüf- oder Paritätsbit in der Spur 5; s. auch ↑Lochstreifenkode.

**Einfahrtoleranz.** Bezeichnung für die Positioniergenauigkeit eines bewegten Teiles an einer NC-Achse, z. B. eines Schlitzen, beim Einfahren in eine Position aus beliebiger Richtung und zu beliebiger Zeit (s. Bild). Es bedeuten:  $x_s$  systematischer Fehler (Richt-, Führungsbahnenfehler, Nichtlinearitäten, Exzentrizitäten usw.);  $x_z$  zufälliger Fehler (Stick-Slip-Erscheinungen, Torsion, Spiel, Überlauf, Schwingungen usw.).



**Eingabeformat** ↑Programmformat

**Einkurvensteuerung** ↑Drehautomat, kurvengesteuerter

**Einsspindelautomat.** Drehautomat mit einer Arbeitsspindel, der nach der technologischen Einteilung insbesondere als Form- und Abstechautomat (Werkzeuge führen meist nur radiale Vorschubbewegungen aus), Form- und Langdrehautomat (Herstellung langer Teile mit geringen Durchmesserunterschieden, aber komplizierter Form) und ↑Revolverdrehautomat eingesetzt wird. E. werden oft kurvengesteuert.

**Einwegmaschine.** Sondermaschine, die i. allg. aus Baueinheiten aufgebaut ist und bei der sich die Arbeitseinheit nur in einer z. B. waagerechten, senkrechten oder schrägen Vorschubrichtung auf das ortsfeste Werkstück zubewegt, um eine Arbeitsoperation auszuführen.

**Einzelabtastung** ↑Blockabtastung

**Einzweckautomatisierung.** Klassische Form der Automatisierung, bei der die Automatisierungsmittel nur für die Massenproduktion eines bestimmten, oft standardisierten Erzeugnisses nutzbar sind. Charakteristisches Element war die einfache automatische Maschine und später die automatische Taktstraße bis zur automatischen Fabrik, z. B. für die Kugellagerfertigung. Taktstraßen und Transferlinien entstanden vor allem in den fünfziger Jahren.

**Entschlüsseler.** Schaltung mit verschiedenen Ein- und Ausgängen, bei der jeder der sich gegenseitig ausschließenden Ausgänge von einer besonderen Kombination von Eingängen angesteuert wird.

**Expertensystem.** Softwaretechnologie, mit der eine „intelligente“ Wissensverarbeitung möglich ist. Unter „Wissen“ sind Grundinformationen, Modelle, allgemeingültige Regeln und Erfahrungen zu verstehen. Es sind Fakten und Regeln bekannt, die Beziehungen zwischen Fakten und Aktionen ausdrücken. Ein E. berücksichtigt das auf Erfahrungen beruhende, „heuristische Wissen“. Im Maschinenbau sind möglich: Interpretationssysteme, z. B. in der Meßdatenverarbeitung; Vorhersagesysteme, z. B. in der planmäßig vorbeugenden Instandhaltung; Diagnosesysteme, z. B. bei der Maschinenschadensanalyse; Überwachungs-, Gestaltungs-, Planungs-, Ausbildungs-, Kontroll- und Steuersysteme. Die Programmierung kann z. B. in der Sprache PROLOG erfolgen.

**Fehler.** Abweichung einer Rechen- oder Meßgröße vom theoretisch korrekten Wert. Systematische F. werden durch unzulängliche Meßmethoden und Umwelteinflüsse hervorgerufen, zufällige F. durch nicht erfassbare Änderungen der Maßverkörperungen, der Meßgeräte, der Umwelt und evtl. durch den Beobachter.

**Fehlerdiagnose.** Bei der Überwachung von Maschinen die Ermittlung der Fehlerursache einschließlich des Fehlerorts, wenn unzulässige Maschinenkennwerte und Prozeßgrößen aufgetreten sind und gemeldet

wurden. Das Ziel muß darin bestehen, Zustandsverschlechterungen anhand der Drift von ausgewählten Kennwerten im Zeit- bzw. Prozeßablauf so frühzeitig zu erkennen, daß Ausfälle und Störungen nicht entstehen.

**Ferndiagnose.** Ermittlung der Ursachen von Funktionsfehlern in z. B. CNC-Systemen durch direkte Abfrage von Programmen und Maschinenzuständen von einer Servicezentrale aus, z. B. über das Telefonnetz.

**Fertigteil.** Gegenstand, insbesondere Werkstück, in funktions- bzw. einbaufertigem Endzustand nach einer Bearbeitung.

**Fertigung.** Alle Maßnahmen und Einrichtungen, die durch schrittweises Verändern der Form oder der Stoffeigenschaften oder beider der Veränderung materieller Elemente und der Verbindung dieser zu komplexen technischen Gebilden dienen.  
↑Fertigungsprozeß.

**Fertigungautomatisierung.** Automatisierung von diskontinuierlichen Fertigungsprozessen, wie sie z. B. im Maschinenbau und in der Elektrotechnik vorherrschen. Die verschiedenen Formen der Anordnung von Fertigungsmitteln und Stufen ihrer Automatisierung ergeben vielfältige technische Lösungen, wie z. B. ↑Taktstraßen, ↑Transferstraßen, ↑Sondermaschinen und ↑Fertigungssysteme.

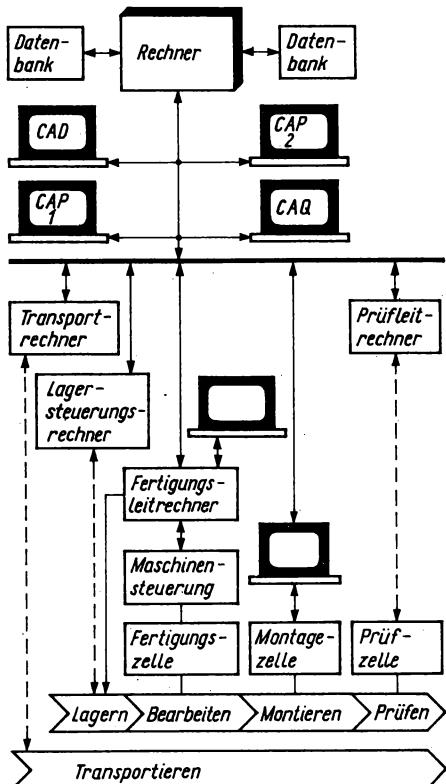
**Fertigungseinrichtung.** Arbeitsmittel in der ↑Fertigung. Die F. kann eine, mehrere Einzelmaschinen, Fertigungsketten, -systeme und die gesamte Ausrüstung eines Betriebs für die Teilefertigung umfassen.

**Fertigungslinie.** Bezeichnung für ein Maschinensystem in loser Verkettung, wobei die verkettenen Maschinen oft WZM zum Umformen sind.

**Fertigungsprozeß.** Der Teil des ↑Produktionsprozesses, der unmittelbar in den Fertigungsbereichen abläuft. Er besteht aus Fertigungshaupt- und -hilfsprozeß (↑Fertigung). Zu letzterem zählen im wesentlichen die Lagerung vor und nach den Arbeitsgängen, die Orts- und Lageveränderungen (innerbetrieblicher Transport)

und die Prüf- bzw. Kontrollvorgänge. Fertigungshaupt- und -hilfsprozesse wachsen im Zuge der Automatisierung immer mehr zu einem einheitlichen Prozeß zusammen. ↑technologischer Prozeß.

**Fertigungssteuerung.** Komplexe Aufgabe im Rahmen der Planung und Organisation der ↑Fertigung. Dazu zählen u. a. Terminierung von Arbeitsvorgängen, Material- und Werkzeugbestellungen usw. in Abhängigkeit verfügbarer Fonds, Ausgabe von Arbeitsunterlagen, Überwachung von Abläufen, Belegung und Auslastung von Maschinen. Die automatisierte F. erfolgt rechnergestützt und ordnet sich in CAD/CAM-Systeme ein. Das Bild zeigt den Informations- und Steuerungsfluß in einer rechnergestützten Fertigung.

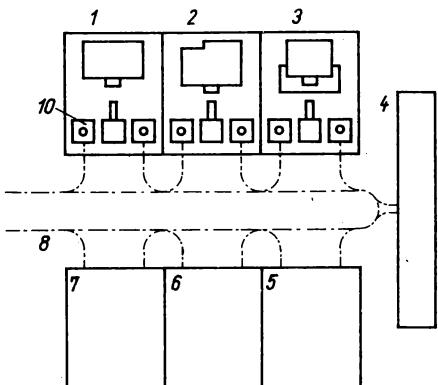


**Fertigungsstrafe.** Im allgemeinen Sprachgebrauch eine ↑Transferstraße, deren

einzelne Bearbeitungsstationen Standard-WZM sind.

**Fertigungssystem.** Oberbegriff für eine Menge von technischen Einrichtungen und den bestehenden Relationen zwischen diesen, die insgesamt eine Fertigungsaufgabe (↑Fertigung) bewältigen können. Der technologisch bedingte Durchlauf der Werkstücke ist im F. in Programmen, Steuerungen und Mechanismen gesichert. Der Fertigungsablauf erfordert ein Minimum an unmittelbarer menschlicher Mitwirkung. Zum F. gehören außer den Bearbeitungsstationen meist noch Spann-, Wasch- und Prüfstationen. Die Steuerung wird günstig als Mehrebenensteuerung realisiert. Sie koordiniert auch die Aufgaben des Transportsystems für Werkstücke, Werkzeuge, Spannzeuge und deren Speicher. Bekannte Lösungen für die Massen- und Großserienfertigung sind z. B. lose verkettete Fertigungsstraßen und ↑Taktstraßen und für die Einzel- und Kleinserienfertigung das flexible F. Ein F. wird teilweise auch als Maschinensystem bezeichnet [11]. ↑Fertigungssystem, flexibles.

**Fertigungssystem, flexibles, FFS, FMS.** ↑Fertigungssystem zur automatischen Fertigbearbeitung von z. B. Werkstücken oder Montage begrenzter Teilesortimente durch eine flexible Kopplung flexibler Bearbeitungs-, Meß- oder Montagemodule über Werkstück-, Werkzeug- und Informationsflußeinrichtungen (s. Bild). An der Bearbeitung sind meist mehrere NC-Be-



arbeitungsmodulen und Hilfsstationen beteiligt, die über den automatischen Werkstückfluss, z. B. leitliniengeführte IR, IR und Werkstückspeicher nach Programm nacheinander zum Einsatz gebracht werden. In den Informationsfluß sind vielfältige Überwachungsfunktionen einzogen, um eine hinreichende Verfügbarkeit zu erreichen. Im Bild bedeuten: 1 bis 7 Module; 8 Transportroboter; 9 IR; 10 Werkstückspeicher.

**Fertigungszelle**, FZ, FMC. Kleinste flexible ↑Fertigungseinrichtung für die automatische Fertigbearbeitung begrenzter Teilesortimente, bei der durch den automatischen Werkzeug- und Werkstückwechsel und durch eine hinreichende Überwachung von Bearbeitungsmodul, Werkzeug, Werkstück, Steuerung und Prozeß bedienlose Zeittabschnitte bei voller Funktionsfähigkeit erreicht werden. Mitunter werden auch über Handhabegeräte oder spezielle Transportsysteme gekoppelte Bearbeitungsmodule als F. bezeichnet.

**fester Arbeitszyklus**. Folge von Vorgängen (Arbeitsgängen), z. B. eines Bohr- oder Gewindeschneidzyklus, die durch einen Einzelkode aufgerufen wird. In einem CNC-System wird ein f. A. als Unterprogramm gespeichert.

**Festkomma(format)**. Zahlendarstellung durch Maschinenwörter, wobei das (fiktive) Maschinenkomma an gleicher Stelle steht, z. B. rechts hinter der niedrigsten Dezimalziffer. Bei einer solchen F.-Festlegung sind nur ganze Zahlen, z. B. +069345, darstellbar.

**Festwert**. Als Weginformation der Abstand vom Nullpunkt des Maschinenkoordinatensystems bis zum Nullpunkt des Werkstückkoordinatensystems parallel zur jeweiligen Achse. ↑Festwertbildung.

**Festwertbildung**. Ermittlung der zur Nullpunkttransformation erforderlichen ↑Festwerte, z. B.  $F_x$  und  $F_y$  (s. Bild).

**FFS** (flexibles Fertigungssystem) ↑Fertigungssystem, flexibles

**Firmware**. Gesamtheit der Mikroprogramme, die im Steuerspeicher einer in-

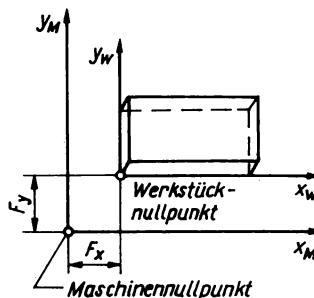


Bild zu Festwertbildung

formationsverarbeitenden Anlage zur Steuerung der Bausteine, wie Zentraleinheit, Steuereinheiten für Peripheriegeräte, implementiert sind.

**Flexibilität**. Fähigkeit eines Fertigungssystems, die alle konstruktiven, kinematischen, handhabetechnischen, meß- und steuerungstechnischen sowie technologischen Merkmale umfaßt, um verschiedene Fertigungsaufgaben ohne großen Umstallaufwand wirtschaftlich auszuführen (Einsatz-F.) oder sich neuen Anforderungen verschiedener Fertigungsaufgaben anpassen zu können, ohne daß ständig entsprechende Funktionselemente vorhanden sind (Anpaß-F.). Die F. weist in Abhängigkeit von der Art der technischen Lösung und dem Automatisierungsgrad viele Ni-

Fertigungseinrichtung					
NCM	NCMC	FZ	FS	FSM	FTS
Flexibilität durch automatische Anpassung und Ausführung von Funktionen					
PW	PW	PW	PW	PW	PW
—	WzW	WzW	WzW	WzW	WzW
—	—	WsW	WsW	WsW	WsW
—	—	WsTr	WsTr	—	(WsTr)
—	—	WsS	WsS	—	(WsS)
—	(ÜWz)	ÜWz	ÜWz	(ÜWz)	ÜWz
—	—	ÜM	ÜM	(ÜM)	ÜM
—	—	ÜWs	ÜWs	—	ÜWs
—	—	(ÜPr)	ÜPr	—	—
—	—	—	ÜTr	—	ÜTr

veaustufen auf, s. Tabelle (nach Piegert). Es bedeuten: Wz Werkzeug; W Wechsel; Ws Werkstück; P Programm; Tr Transport; S Speicher; Ü Überwachung; Pr Prozeß; M Maschine; fSM flexible Sondermaschine; fTS flexible Taktstraße; FZ Fertigungszelle; FS Fertigungssystem.

**Fließfertigung.** Eine örtlich fortschreitende zeitlich bestimmte, lückenlose Folge von Arbeitsgängen. Dabei handelt es sich entweder um verschiedene Operationen am selben Werkstück, wobei die Zeit zwischen Abschluß der Operation  $i$  und Beginn der Operation  $i+1$  gegen Null geht, oder aber um gleiche Operationen an verschiedenen Werkstücken, wobei die Zeit zwischen Abschluß einer Operation am Werkstück K und Beginn der gleichen Operation am Werkstück  $K+1$  gegen Null geht. Für die automatisierte F. werden Fertigungssysteme mit NCM eingesetzt, wobei auch der Transport, z. B. zwischen den einzelnen Bearbeitungszentren, automatisch erfolgt.

**FMC** (flexible manufacturing cell) flexible ↑Fertigungszelle

**FMS** (flexible manufacturing system) flexibles ↑Fertigungssystem, z. B. für die Teilefertigung.

**Förderzeug** ↑Transportsystem, automatisches

**Format** ↑Programmformat

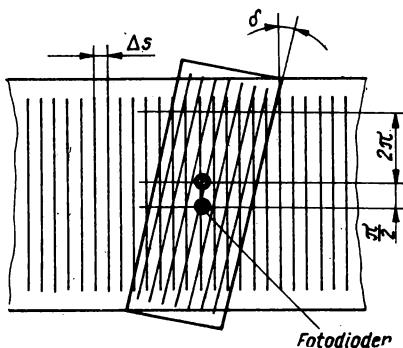
**FORTRAN** (formula translation) ↑Programmiersprache

**Führungssteuerung**, Folgesteuerung. Automatische Steuerung, bei der eine für den zu steuernden Prozeß charakteristische Größe, die Führungsgröße, den Steuerungsablauf bestimmt. Die Stelleinrichtung folgt somit der Führungsgröße. F. sind mit Regelungen artverwandt.

**FZ** ↑Fertigungszelle

**Gegengitterverfahren.** Wegmessprinzip mit fotoelektrischer Abtastung eines unbenannten Strichgitters, wobei die Teilung durch Anwendung eines Hauptgitters und eines überlagerten Gegengitters gleicher Teilung vergrößert wird, indem das Gegengitter um einen kleinen Winkel ver-

dreht ist (s. Bild). Dabei stellt sich der ↑Moiréeffekt ein. Die Fotodioden zum Abtasten sind räumlich gegeneinander versetzt.



**Genauigkeit.** Bei WZM eine Aussage dafür, mit welchen Abweichungen gewünschte Formen und Abmessungen am Werkstück erzeugt und Einstellungen an der Maschine auf das zu bearbeitende Werkstück übertragen werden.

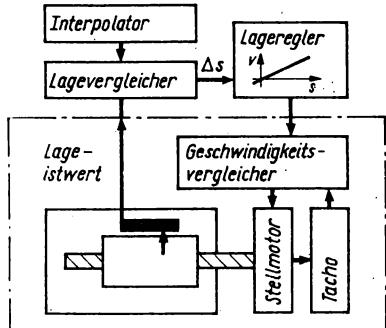
Die NC fügt den Ungenauigkeiten der WZM weitere hinzu. Diese sind nur z. T. im Ruhezustand meßbar. Andere hängen davon ab, mit welchen Streuungen der Vorschubantrieb eine gewünschte Position erreicht und unter dem Einfluß äußerer Kräfte beibehält. Eine ausreichend hohe Eingabeauflösung der NC ist die Voraussetzung, aber nicht die Gewähr dafür, eine bestimmte G. zu erreichen. In der Serienfertigung genügt oft eine ausreichende Wiederhol-G., da Absolutfehler bei der Programmerprobung ausgeglichen werden können. Statt G. sollte besser der Begriff ↑Fehler verwendet werden.

**geometrische Information** ↑Weginformation

**Geradeninterpolation.** Interpolationsmethode, bei der unabhängig vom wahren Funktionsverlauf zwischen zwei Stützwerten eine Gerade  $y = a_0 + a_1 \cdot x$  gelegt wird. Die erforderlichen Funktionswerte zwischen den bekannten Punkten lassen sich z. B. mit dem ↑Suchschrittverfahren oder dem ↑DDA-Verfahren bestimmen. Vorteilhaft ist der geringe technische Aufwand. ↑Interpolation.

**Geschlossenheitsgrad.** Kenngröße zur Beurteilung fertigungstechnischer Entwicklungsstufen. Der G. ist das Verhältnis des Bearbeitungsaufwands in einer Einrichtung zum Aufwand für die komplette Bearbeitung auf der Basis von Zeit- oder Kostenaufwand.

**Geschwindigkeitsregelkreis.** Regelkreis zur Konstanthaltung oder Führung der Geschwindigkeit nach vorgegebenen Sollwerten, z. B. in AC-Systemen beim Plandrehen zur Konstanthaltung der Schnittgeschwindigkeit oder als Unterlagerung von Lageregelkreisen (s. Bild). Vom z. B. Lochstreifen oder Interpolator wird ein Lage-Sollwert, vom Meßsystem der augenblickliche Lage-Istwert an einen Vergleicher gemeldet. Der Lageregler ermittelt aus dieser Schleppdifferenz die Soll-Vorschubgeschwindigkeit und gibt diese in Form einer Vorgabespansnung an den Geschwindigkeitsvergleicher.



**Geschwindigkeitsrückführung.** Rückführung des Geschwindigkeits-Istwerts in einem ↑Lageregelkreis zusätzlich zur Wegrückführung, um eine Verbesserung des Verhaltens der geregelten Größe zu erreichen bzw. um den Geschwindigkeitswert an den Sollwert unter Einhaltung zulässiger maximaler Geschwindigkeits- und Beschleunigungswerte heranzuführen.

**Geschwindigkeitsverstärkung.** Kennwert zur Beurteilung der Reaktionsfähigkeit eines Antriebs als Verhältnis eines Geschwindigkeitszuwachses  $\Delta v$  zu einer Verschiebebewegung  $\Delta s$  im belastungsfreien Zustand. In der G. sind die Verstärkungen der einzelnen Regelkreisglieder zusam-

mengefaßt. Aktuelle Werte für die G. liegen bei WZM im Bereich von etwa 0,8 m/min bis 2,4 mm .

**G-Funktionen.** Wegbedingungen, die bei NC programmiert werden können, z. B. Werkzeugkorrektur, Nullpunktverschiebung, Schnellhalt, Genauhalt oder Geschwindigkeitsveränderungen. Die G. sind vorbereitende Funktionen für die Wegadressen. Je Satz können eine oder mehrere G. geschrieben werden. Sie sind meist so lange wirksam, bis sie durch eine Funktion der gleichen Gruppe überschrieben werden.

**GKS.** Abk. für grafisches Kernsystem.

**Glasfaserkabel** ↑Lichtwellenleiter

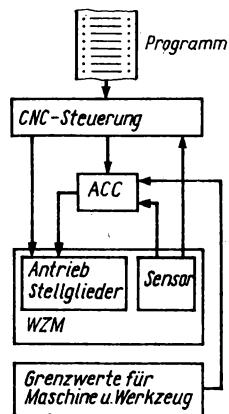
**Gleitkomma(format).** Zahlendarstellung durch Maschinenwörter, wobei das Dezimalkomma nicht festgelegt ist. Die Darstellung erfolgt in 2 Teilen, der Mantisse der Zahl und eines Exponenten, z. B.  $1,289 = 0,1289 \cdot 10^4$ . Die darzustellende Zahl wird dabei so normiert, daß das Komma vor der ersten Ziffer steht und die dabei auftretende Zahlenwertveränderung durch die Angabe eines Exponenten ausgeglichen wird.

**Gray-Kode.** Spezieller ↑Binärkode zur Darstellung von Zahlenwertinformationen, bei dem sich benachbarte Zahlenwerte immer in genau einem Bit unterscheiden. Der G. eignet sich damit besonders für Wegmeßsysteme. ↑Doppelablesung

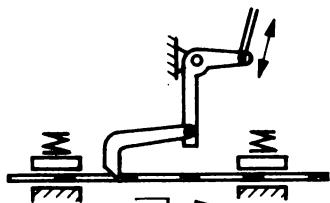
**Greifer.** Baugruppe an einer Handhabeeinrichtung, die ein Handhabobjekt greift, zuverlässig hält und in geforderte Lagen bewegt. Der G. kann mit mehreren eigenen Bewegungssachsen und auch Sensoren für Erkennungsaufgaben u. ä. ausgerüstet sein. Er muß meist auf die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften und Formen der Objekte abgestimmt sein. In der flexiblen Fertigung spielt der automatische G.-Wechsel oder G.-Fingerwechsel eine immer größere Rolle, besonders wenn weit öffnende Greifer nicht mehr ausreichen.

**Grenzwertregelung, ACC.** Regelung, die Bearbeitungsparameter, z. B. Vorschub,

Vorschub und Schnitttiefe, so einstellt, daß die Maximalwerte für Motorleistung, Drehmoment, Schnittkraft usw. zwar erreicht, aber nicht überschritten werden. Dazu werden die momentanen Prozeßparameter durch Meßwertaufnehmer (Sensoren) und Vergleicher mit den Kombinationen der maximal möglichen verglichen, und bei Abweichung wird eine Änderung der Stellglieder herbeigeführt (s. Bild). Die G. läßt eine wesentlich bessere Ausnutzung der vorhandenen Maschinenleistung zu, da die sonst erforderlichen Sicherheitszuschläge entfallen. Es werden beträchtliche Hauptzeitverkürzungen erreicht.



**Hakenvorschubeinrichtung.** Automatische Zuföhreinrichtung für Band- und Streifen, bei der ein vom Schneidwerkzeug oder von der Presse betätigter Zughaken im Takt der Maschine am Abfallgitter angreift (s. Bild).



**Halbleiterspeicher.** Informationsspeicher, der durch einen Schaltkreis realisiert ist. Festwert-H. in der Grundform des ROM

(read only memory) werden überwiegend als Programmspeicher verwendet. Schreib-Lese-Speicher, die während des Rechenprozesses anfallende Daten zwischenspeichern, lassen die Änderung von Inhalten einzelner adressierter Speicherzellen beliebig oft zu und werden als statische sowie dynamische RAM (random access memory) ausgeführt.

**Handeingabe.** Form der manuellen Programmierung, bei der an der NCM durch Tasten Daten in eine CNC eingegeben werden. Vgl. ↑Werkstattprogrammierung.

**Handhabegut.** Alle Gegenstände und Stoffe, die z. B. in einem Fertigungssystem zugeführt oder von dort abgeführt werden, wie Roh- und Fertigteile, Werkzeuge, Abfall, Hilfsstoff u. a.

**Handhabetechnik.** Gesamtheit der Mittel und Verfahren, die dazu dienen, Handhabegut maschinell, z. B. mit einem IR, zu handhaben.

**Handrad, elektronisches.** Über Kabel mit einer CNC verbundene Bedieneinheit mit kleinen Handrädern, die mit Meßgebbern verbunden sind. Durch Verstellen der e. H. kann eine Schlittenbewegung in einer oder in mehreren Achsen bewirkt werden.

**Hardware.** Gesamtheit der mechanischen, elektrischen und elektronischen, kurz gerätetechnischen Komponenten einer Steueranlage, insbesondere informationsverarbeitende Geräte, z. B. eine Rechnersteuerung. Vgl. ↑Software.

**Hauptantrieb.** Antrieb zur Erzeugung einer Hauptbewegung an einer Maschine, z. B. der Hauptschnittbewegung an einer WZM. Geregelte H. werden fast ausschließlich mit elektrischen Gleichstromantrieben ausgeführt. Große Drehzahlbereiche ergeben sich durch vorgeschaltete gestufte, bereichsschaltbare mechanische Hauptgetriebe. In modernen WZM werden vorwiegend thyristorgesteuerte Gleichstromantriebe eingesetzt.

**Hauptsatz.** In der NC-Technik der erste Satz einer Folge von ↑Programmsätzen, der alle notwendigen Wörter enthält, die den Anfangszustand eines Abschnitts

kennzeichnen, z. B. Koordinateninformationen, Wegbedingungen, Vorschub, Drehzahl, Zusatzfunktionen. Bei einem H. darf der Bediener ohne Risiko beginnen. An jedem anderen Satz nur, wenn er übersehen kann, ob die Füllung der nicht angesprochenen Speicher richtig ist. Ein H. beginnt mit dem H.-Zeichen.

**Hauptsatzvorwahl.** Lauf eines Programms bis zum letzten vorhergehenden ↑Hauptsatz, zum Zweck der Programmteilewiederholung nach Arbeitsunterbrechungen.

**Helixinterpolation** ↑Schraubenlinieninterpolation

**Hexadezimalsystem.** Zahlensystem, mit der Basis 16. Für die 16 Ziffern sind folgende Symbole vereinbart: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,A,B,C,D,E,F. Die Hexadezimalzahl A1B bedeutet im Dezimalsystem:  $(A \cdot 10^2 + 1 \cdot 10^1 + B \cdot 10^0)_{16} = (10 \cdot 16^2 + 1 \cdot 16^1 + 11 \cdot 16^0)_{10} = 2587$ .

**Hilfsfunktionen.** Bei NCM diejenigen, die außer der Verstellung der Achsen zum Betrieb noch zusätzlich erforderlich sind. Dies sind einerseits Maschinenfunktionen, z. B. Drehrichtung und -zahl der Hauptspindel, Kühlmittel, Rundschalttische, Teillapparate, Spannvorgänge u. ä., und andererseits Funktionen im Programmablauf, z. B. das Programmende.

**Hilfskoordinatensystem.** Koordinatensystem, das je nach Bearbeitungsfall in einem Bezugskoordinatensystem innerhalb der jeweiligen Ebenen beliebig verschoben und gedreht angeordnet sein kann.

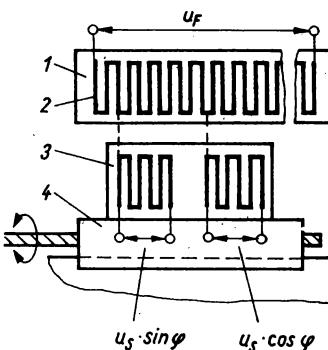
**Hydrokopiereinrichtung** ↑Kopiereinrichtung

**IGFA** (integrierter gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt). Vorwiegend nach dem Gegenstandsprinzip aufgebaute und steuerungstechnisch integrierte Produktionsanlage zur Herstellung verschiedener geometrisch und technologisch ähnlicher Werkstücksortimente. Die Bearbeitungsmaschinen sind über ein mechanisiertes oder automatisiertes kombiniertes Lager-, Transport- und Steuerungssystem miteinander verknüpft, z. B. Zentralspei-

cher und speichergebundenes Transportsystem (IGFA-C).

**IGR** ↑Inkrementalgeber, rotatorischer

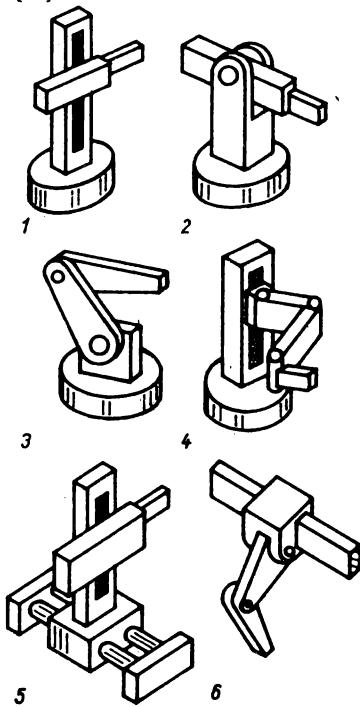
**Inductosyn.** Analoges translatorisches (Linear-I.) oder rotatorisches (Rund-I.) ↑Wegmeßsystem (s. Bild). Feststehende Skala 1 und Gleiter 3 sind mit rechteckigen mäanderförmigen Leiterzügen 2 versehen. Die Leiterzüge des am Maschinenschirm 4 befestigten Gleiters, der sich in einem Abstand von etwa 0,15 mm über der Skala bewegt, sind dabei um eine Viertelperiode versetzt. Sie werden mit den Soll-Spannungen  $U_s \sin \varphi$  und  $U_s \cos \varphi$  gespeist und erzeugen ein stehendes Magnetfeld, das in der Skala eine wegabhängige Fehlerspannung  $U_F$  erzeugt. Das I. ist in der elektrischen Wirkungsweise ein „aufgebogener“ ↑Resolver.



**Industrieroboter.** Programmierbare technische Einheit zur selbständigen Handhabung von ↑Handhabegut zur Automatisierung von Haupt- und Hilfsprozessen in der Industrie, immer mehr auch in Landwirtschaft, Bauwesen, Handel u. a. Das primäre Merkmal eines I. ist die automatische Bewegung. Zur Grundausrüstung gehören das Führungsgtriebe, Greifer, Gestell, Steuerung und u. U. Sensoren. Wichtige Bauarten (s. Bild) sind die Ständer-I. 1 und 2, der Senkrechtgelenk-I. 3, der Waagerechtgelenk-I. 4, der Ständerroboter 5 in SSS-Struktur (S Schub) und der Portalroboter 6.

Die Definition für den I. ist in verschiedenen Ländern unterschiedlich. In der DDR werden festprogrammierte und frei-programmierbare I. als I.-Technik be-

zeichnet, in der BRD z. B. nur die frei-programmierbaren. Neben Handhabevorgängen können einem IR auch bestimmte technologische Operationen übertragen werden, z. B. das Aussprühen von Druckgußformen durch greiferintegrierte Sprühdüsen oder das Andrücken von Werkstücken in Spannmitteln durch greiferintegrierte Andrückeinrichtungen [7] [15] [16].



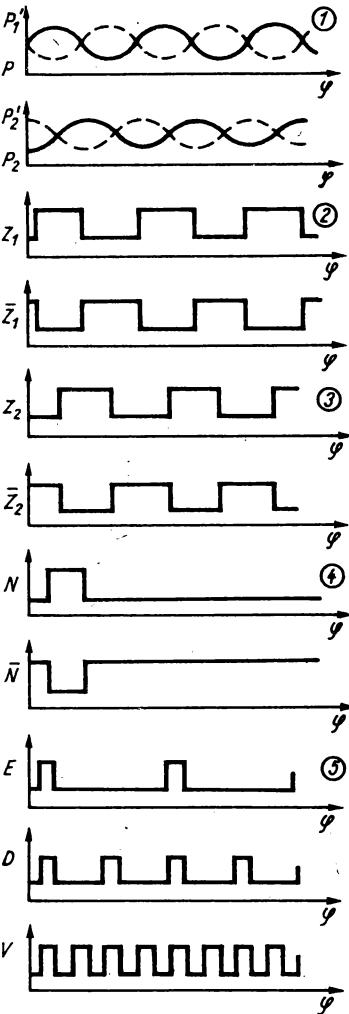
**Industrieroboterarbeitsplatz.** Komplexer Arbeitsplatz, an dem unter Zuhilfenahme von IR eine oder mehrere Stufen eines Produktionsprozesses ablaufen. Bestandteile sind die technologische Grundausrüstung, der IR, peripherie Einrichtungen und Steuerungen. Vgl. ↑technologische Einheit.

**Industrierobotersteuerung.** Einrichtung zur algorithmischen Verarbeitung von Informationen für die Steuerung eines IR, bestehend aus Logik-, Bedien-, Stromversorgungs-, Leistungs- und evtl. Anpaßteil sowie Programmspeicher, Gefäßsystem und Software.

**Inkrement.** Zuwachs einer Größe, z. B. Weg, in gleichbleibenden Quanten.

**Inkrementalgeber, rotatorischer; IGR.** Meßsystem, das analoge Bewegungsgrößen in digitale inkrementale Signale umwandelt. Winkelgrößen werden direkt und Weggrößen indirekt über eine Maßverkörperung, z. B. eine Meßspindel, erfaßt.

Das auf einer Glasscheibe befindliche inkrementale Strichgitter, z. B. 2 500 Striche, wird über ein Gegengitter von 2 um einen



halben Inkrementbereich versetzten Fotolelementen abgetastet. Die gewonnenen Signale werden zu einer Rechteckimpulsfolge  $z_1$  und  $z_2$  verarbeitet. Durch elektronische Auswertung der Zählimpulsfolge ist neben dem Drehrichtungsentscheid eine Verdoppelung bzw. Vervierfachung des Auflösungsvermögens möglich. Die Impulsfrequenz kann bis 100 kHz betragen und die Drehzahl bis  $10\,000 \text{ min}^{-1}$ . Im Bild wird der Impulsverlauf beim I. dargestellt.

Es bedeuten: (1) Ausgangsspannungen  $P_1$  der Fototransistoren; (2) Zählimpulsfolge 1 und inverse Folge; (3) Zählimpulsfolge 2 und inverse Folge; (4) Nullimpuls und inverser Nullimpuls; (5) Einfachimpuls E, Impulsverdoppelung D und Impulsvervierfachung V.

**Inkrementalmeßverfahren.** Meßverfahren, z. B. für die Ermittlung von Verfahrwegen an NCM, bei dem jede Bewegung durch den Zuwachs des zurückgelegten Weges durch Zählen von ↑Inkrementen gemessen wird.

**Inneninterpolation.** Interpolation, die durch einen ↑Interpolatoren, der zur Steuerung gehört, realisiert wird, und der die Koordinatenwerte errechnet, zeitgerecht auf die einzelnen Achsen verteilt und dessen Rechengeschwindigkeit mit der Vorschubgeschwindigkeit der NCM Schritt hält.

**Innenverkettung** ↑Verkettung

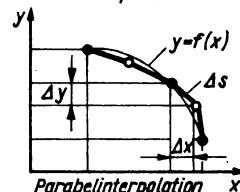
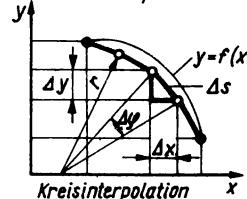
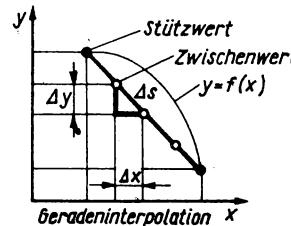
**Inprozeßmessung.** Gewinnung von Meßwerten aus dem laufenden Prozeß, also während der Bearbeitung durch direkte Messung geometrischer Größen mit Meßsteuerungen oder durch indirekte Messung prozeßtypischer, mit der Fertigungsqualität und dem Zustand der Fertigungseinrichtung und der Werkzeuge korrelierender Kenngrößen, wie z. B. Kräfte, Kraftschwankungen, Temperaturen und Schwingungen. Die I. dient häufig der Qualitätssicherung. Die Werkzeugüberwachung kann auch mit direkter geometrischer Messung des Werkzeugverschleißes erfolgen.

**Intelligenz, künstliche.** Jede Form der Modellierung und Technisierung intelektueller Funktionen mit dem Ziel, kognitive (erkennungsmäßige) Informationsprozesse auf die Maschine zu übertragen bzw. mittels neuer Wirkprinzipien technischer Informationsverarbeitung die Unterstützung geistig-schöpferischer Tätigkeiten des Menschen zu ermöglichen.

Die k. I. führt zu neuen Formen der Mensch-Maschine-Kommunikation, zu intelligenten Robotern, Erkennungssystemen, intelligenten Baueinheiten und Automaten. Sie erlaubt schließlich, den Schritt von der automatischen Datenverarbeitung zur automatischen Wissensverarbeitung gehen zu können, d. h. Wissen zu Problemlösungen zu nutzen, s. ↑Wissentechnik, ↑Expertensystem.

**interaktiv** ↑Programmierung, interaktive Interface ↑Schnittstelle

**Interpolation.** Berechnung von Zwischenwerten aus der abschnittsweisen analytischen Darstellung einer Raumkurve, von der Stützkoordinaten bekannt sind, nach bestimmten Verfahren, z. B. dem ↑DDA-Verfahren oder ↑Suchschrittverfahren. Als mathematische Funktionen werden Geraden, Kreise, Parabeln oder Polynome höherer



Ordnung verwendet. Die durch lineare (Geraden-I.), zirkulare ( $\uparrow$ Kreis-I.) oder parabolische (Parabel-I.) Annäherung an vorprogrammierte Kurvenpunkte ermittelten Zwischenwerte werden durch Geraden verbunden (s. Bild). Der neue Koordinatenwert wird als Inkrementzuwachs dargestellt.

Während bei Bahnsteuerungen für NCM die I. der Bahnpunkte im Achskoordinatensystem durchgeführt wird, muß sie bei IR-Steuerungen in einem raumfesten Koordinatensystem erfolgen. Dies liegt daran, daß es bei I. in Achskoordinaten wegen der Gleichbehandlung von translatorischen und rotatorischen Achsen zwangsläufig zu sog. Linearisierungsfehlern kommt, die z. T. zu erheblichen Abweichungen von der programmierten Bahn führen. Die I. kann innerhalb einer Steuerung erfolgen ( $\uparrow$ Inneninterpolation) oder außerhalb ( $\uparrow$ Außeninterpolation).

**Interpolationsparameter.** Bestimmungsgrößen zur Interpolation für einen Kurvenabschnitt, die nicht diskrete Kurvenpunkte auf diesem sind, sondern z. B. die Koordinaten des Kreismittelpunktes, des Parabelbrennpunktes, der Kreisradius, ein Winkel oder eine Tangenteneigung.

**Interpolator.** Funktionseinheit in der NC-Technik zur Berechnung von Werten einer Funktion  $y = f(x)$  zwischen bekannten Stützwerten  $x_0, x_1, \dots, x_n$  mit den zugehörigen Werten  $y_0, y_1, \dots, y_n$  mittels Rechenprogramm oder Rechenschaltung. Die Funktion kann auch mehrdimensional sein.

Der I. ist in der  $\uparrow$ NC-Technik die wichtigste Funktionseinheit von Bahnsteuerungen. Weitere Aufgabe des I. ist die Zerlegung der programmierten Tangentialgeschwindigkeit in achsparallele Komponenten. Die Werte werden als Führungsgröße an die Lageregelkreise ausgegeben.

**Interpreter.** Programm, das Anweisungen eines anderen Programms ausführt. Dabei wird jede Anweisung in eine Folge von Maschinenbefehlen übersetzt, die sofort abgearbeitet werden, bevor die nächste Anweisung übersetzt wird. Es wird also jede Anweisung jedesmal übersetzt,

wenn sie im Laufe der Programmabarbeitung auftritt.

**IR.** Abk. für 1. Industrieroboter; 2. Infrarot

**ISO-Kode.**  $\uparrow$ Kode, der 127 eindeutige Zeichen umfaßt, die in den Spuren 1 bis 7 eines  $\uparrow$ Achtpur-Lochstreifens durch entsprechende Bitmuster verschlüsselt werden. Die Spur 8 wird durch ein Paritätsbit belegt; s. auch  $\uparrow$ Lochstreifenkode.

**Istwert.** Augenblickswert einer Größe, z. B. Position, Geschwindigkeit, Zeit. Er kann in analoger oder digitaler Form vorliegen. Bei NCM ist mit I. meist ein Positions-(Lage)-I. gemeint.

**JIT** (just in time manufacturing). System zur Steuerung von Produktion und Materialwirtschaft.

**KANBAN.** System zur Produktionssteuerung, um eine Produktion auf Abruf zu erreichen, mit dem Ziel der Senkung des Materialbestands. Grundprinzip der Verteilung von Arbeitsgegenständen ist die Holpflicht.

**Kettenmaßsystem.** Bemaßungssystem, bei dem die Werkstück-Sollwerte eines Punktes zur vorangegangenen Position vorgegeben werden. Die zu programmierenden Vorzeichen legen die Bewegungsrichtung fest. Das K. erlaubt für eine Steuerkette eine einfache Form der Programmierung. Zusammen mit einer Unterdrückung der führenden Nullen hat das K. den Vorteil eines kürzeren Lochstreifens, da die Koordinatenwerte Weginkremente darstellen.

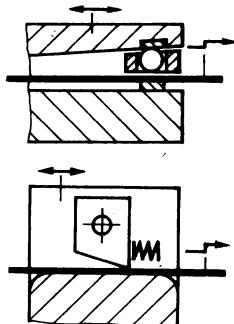
**KI** (künstliche Intelligenz)  $\uparrow$ Intelligenz, künstliche

**KIPS** (knowledge information processing systems) Wissensverarbeitungssystem. Vgl.  $\uparrow$ Wissenstechnik.

**Klemmung.** Einrichtung zur Sicherung der Lage bewegter Bauteile oder Baugruppen gegenüber relativ feststehenden Aggregaten, z. B. der Schlittenstellung von leichtgängigen Maschinenschlitten mit nichtselbsthemmenden Antriebselementen im

Vorschubantrieb an WZM. Beim Klemmen darf sich die eingefahrene Position nicht verändern. K. müssen spielfrei und automatisierbar sein. Die Haltekraft muß so groß sein, daß eine Veränderung bei der Bearbeitung ausgeschlossen ist.

**Klemmvorschubeinrichtung.** Automatische Zuführeinrichtung für Band, Draht und Streifen, bei der dem Werkstoff die taktweise Bewegung über Klemmelemente, wie Messer, Rollen, Kugeln erteilt wird (s. Bild).

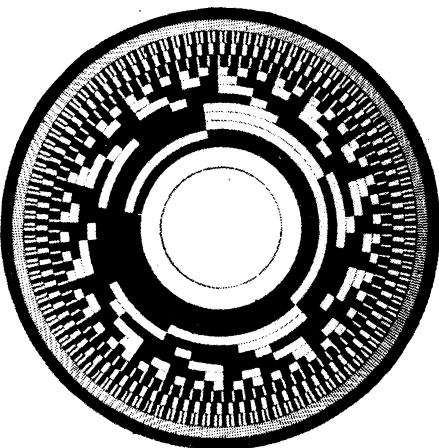


**Kode.** Vorschrift für die eindeutige Zuordnung (Kodierung) der Zeichen eines Zeichenvorrats, z. B. ein Klartext, zu denjenigen eines anderen Zeichenvorrats (Bildmenge), z. B. verschlüsselter maschinenlesbarer Text. Wichtige Kodes sind die ↑Binärkodes. Vgl. ↑Lochstreifenkode.

**Kodelineal.** Linienförmige Maßverkörperung aus Glas oder Metall, bei der die zu messende Weglänge in kleine digitale Schritte zerlegt ist, wobei jeder Schritt gegenüber einem festen Nullpunkt gekennzeichnet ist, d. h., jeder Position ist ein Signal zugeordnet, daß sich von allen anderen eindeutig unterscheidet. Bei einer K.-Teilung von 0,01 mm in der feinsten Spur sind für eine Maßstabslänge von 1 000 mm in duality Verschlüsselung 17 Spuren nötig. Mögliche Fehlablesungen werden durch ↑Doppelablesung vermieden. Anstelle eines K. lassen sich ↑Kodescheiben meist günstiger einsetzen.

**Kodescheibe.** Scheibenförmige rotierende Maßverkörperung in indirekt und meist

digital-absolut arbeitenden Weg- und Winkelmeßsystemen (s. Bild; dual-dezimal kodiert). Die Funktionsweise entspricht der eines ↑Kodelineals, nur daß bei einem Auflösungsvermögen von 0,01 mm und einer Meßspindelsteigung von 10 mm nur ein Weg von maximal 10 mm erfaßt werden kann. Zur Messung größerer Wege sind mehrere K. nötig, die über drehzahlreduzierende Präzisionsgetriebe miteinander verbunden sind. K., Getriebe und Abtastelektronik bilden eine geschlossene Baueinheit.



Kodierung ↑Kode

**Koizidenz.** Örtliches und zeitliches Zusammentreffen von Ereignissen; bei NCM ein Zustand, bei dem sich z. B. das Werkzeug am programmierten Sollwert befindet. Das Signal bei K. führt im Normalfall zur Stillsetzung des Antriebs.

**Koizidenzpunkt.** Wert, bei dem Soll- und Istwert übereinstimmen und der aus der kleinsten meßbaren Einheit des Meßsystems besteht.

**Koizidenzspreizung.** Maßnahme zur Erhöhung der Positioniergenauigkeit durch Vorverlegung der Koizidenz um einen festen Betrag. Die K. kompensiert das Wegstück von punkt- und streckengesteuerten NCM, das während der Signallauf-, Schalt- und Bremszeit bei Schleichgang zurückgelegt wird.

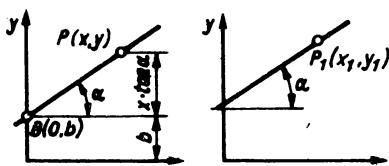
**Kollisionserkennung.** Vorausschauendes Ermitteln von Zusammenstößen bewegter Objekte im Arbeitsraum von NCM und IR mit dem Ziel der Verhinderung. ↑Simulationsverfahren.

**Komplexautomatisierung.** Niveau der Automatisierung, bei dem sämtliche Prozesse der Produktionsvorbereitung und -durchführung, der Steuerung der Produktion einschließlich ihrer Leitung durchgängig automatisiert sind. Die K. setzt die wissenschaftliche Durchdringung aller zu automatisierenden Prozesse voraus und ist untrennbar mit der Anwendung der Mikroelektronik und der Optimierung der Prozesse verknüpft. ↑CIM.

**Konstrukteurarbeitsplatz.** Arbeitsplatz mit freiprogrammierbarem Tischrechner und hochleistungsfähiger Peripherie, z. B. Plotter, Grafikbildschirm, Lichtstift, hochauflösender Digitalisierer, Direktzugriffspeicher großer Kapazität, große Hauptspeicher, für die rechnergestützte konstruktiv-technische Vorbereitung der Produktion. Der K. ist mit einem Zentralrechner gekoppelt. Aufgabengruppen sind z. B. Änderungsdienst zu Datenbeständen der Konstruktion, wissenschaftliche Berechnungen und rechnergestütztes Entwerfen (CAD-System), Projektierung von Anlagen und Variantenkonstruktionen.

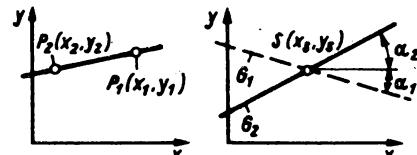
**Konturberechnung.** Insbesondere im Rahmen der manuellen Programmierung einer NCM vorgenommene Berechnung der Stützpunkte (Endpunkte einer Strecke bzw. Mittelpunkt eines Kreisbogens) einer in Strecken und Kreis- bzw. Parabolbogenelemente zerlegten beliebigen zweidimensionalen Kontur (↑Konturelemente, ↑Konturübergänge).

**Konturelemente.** Einzelne Strecken oder Bogenelemente, aus denen sich eine ebene Kontur zusammensetzt. Der Programmierer einer NCM muß die Stützpunkte dieser K., d. h. die Endpunkte einer Strecke sowie die Endpunkte und den Mittelpunkt eines Kreisbogens, ermitteln. Daraus errechnet später der ↑Interpolatator die notwendigen Zwischenpunkte der Bahn. Zur Berechnung werden Geraden- und Kreisgleichungen (s. Bild) benötigt.



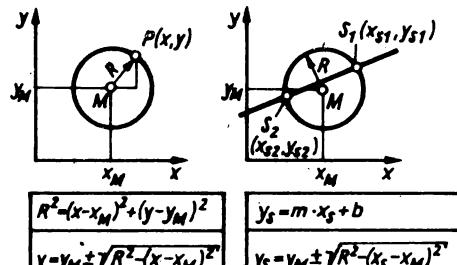
$$m = \tan \alpha$$

$$y = m \cdot x + b$$



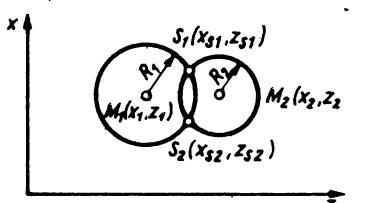
$$y = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} (x - x_1) + y_1$$

$$x_8 = \frac{b_2 - b_1}{m_1 - m_2} + b_1$$



$$R^2 = (x - x_M)^2 + (y - y_M)^2$$

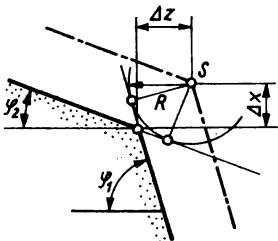
$$y = y_M \pm \sqrt{R^2 - (x - x_M)^2}$$



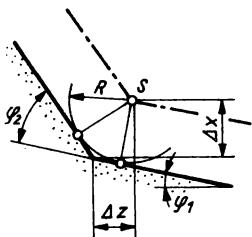
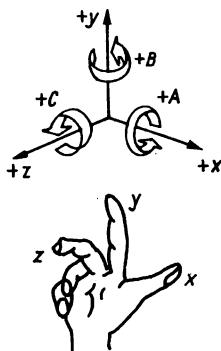
$$y_1 = m \cdot x_1 + b$$

$$y_2 = m \cdot x_2 + b$$

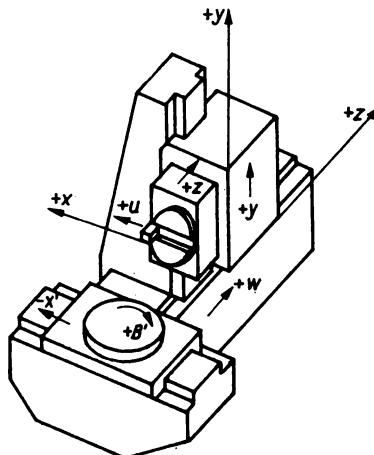
**Konturübergang.** Geometrische Verhältnisse beim Übergang von einem ↑Konturelement zu einem anderen, z. B. zwischen 2 Geraden zur Darstellung der zu programmierenden Mittelpunktsbahn (s. Bild).



$$\Delta x = R \frac{\cos \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}}{\cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}$$



$$\Delta z = R \frac{\sin \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}}{\cos \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}}$$



**Koordinatenachse.** Teil eines Koordinatensystems, zur Bezeichnung von Bewegungen und Bewegungsrichtungen ( $\uparrow$  Bewegungseinheit) an NCM. Grundlage ist i. allg. ein rechtsgängiges (Rechte-Hand-Regel) kartesisches Koordinatensystem (s. Bild). Die z-Achse fällt mit der Arbeitsspindel zusammen oder verläuft parallel zu ihr und senkrecht zur Aufspannfläche. Die positive Richtung ist vom Werkstück weg gerichtet. Die x-Achse verläuft waagerecht und parallel zur Aufspannfläche. Bei vertikaler z-Achse ist die positive x-Achse nach rechts gerichtet, bei horizontaler z-Achse nach links. Die y-Achse verläuft so im rechten Winkel zur x-Achse und z-Achse, daß ein rechtsdrehendes Koordinatensystem entsteht, U, V, W sind parallel zu X, Y, Z verlaufende Achsen; A, B, C sind Drehachsen.

**Koordinatentisch, Kreuzschiebetisch.** Bewegungseinheit zur Erzeugung voneinander unabhängiger linearer Bewegungsabläufe in 2 rechtwinkligen Achsen (x, y), z. B. als Eilvorlauf, -rücklauf, Vorschub, Feinvorschub.

**Kopiereinrichtung.** Nachformeinrichtung mit einer speziellen Steuerausrüstung ( $\uparrow$  Nachformsteuerung) zur Automatisierung der Herstellung komplizierter Teile in der Mittel- und Großserienfertigung. Die K. basiert auf einem Folgeregelkreis, der seine Führungsgröße durch Abtasten eines Modells erhält. Das Modell ist ein Körperformspeicher. K. werden beim Hobeln, Fräsen (Kurvenscheiben, Großwerkzeuge) und Drehen eingesetzt.

**Koppelbaustein**  $\uparrow$  Schnittstelle

**Korrekturwert.** Bei der NC-Programmierung meist auf Werkzeuge bezogene Weginformation, die angibt, um welchen Betrag ein programmierte Werkzeugpunkt transformiert werden muß, damit eine geforderte Kontur entsteht. Man unterscheidet Werkzeugdurchmesser- (Fräserradius) und -längenkorrektur, z. B. Abweichung bei Drehmeißeln. Der K. gestattet eine werkzeugunabhängige Programmierung.  
↑Festwert.

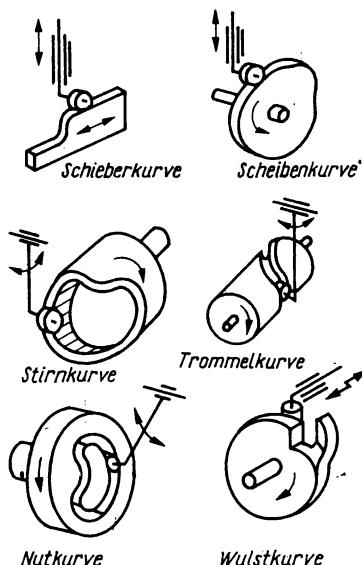
**Kraftverstärkung.** Maß für die Auswirkung einer Kraft  $F$  auf den Regelfehler, insbesondere bei Nachformemeinrichtungen, wobei die Geschwindigkeit des Vorschubantriebs  $v = 0$  vorausgesetzt ist. Die K. ergibt sich aus  $K_F = dF/ds \approx \Delta F/\Delta s$ , wobei  $\Delta s$  der ↑Schleppabstand ist.

**Kreisförderer, Hängeförderer.** Förderer mit Gehängen, die durch Laufwerke getragen werden. Diese laufen in oder auf Führungsbahnen und werden durch angetriebene, umlaufende, endlose Zugmittel bewegt. Es können Einrichtungen zum automatischen Be- und Entladen sowie zur Zielanfahrt eingesetzt werden.

**Kreisinterpolation.** Methode zur ↑Interpolation, bei der unabhängig vom wahren Funktionsverlauf zwischen 2 Stützpunkten ein Kreisbogen  $(x - x_m)^2 + (y - y_m)^2 = r^2$  gelegt wird, wenn der Kreismittelpunkt gegeben ist. Die gesuchten Funktionswerte zwischen den bekannten Punkten lassen sich z. B. mit dem ↑Suchschrittverfahren oder dem ↑DDA-Verfahren bestimmen.

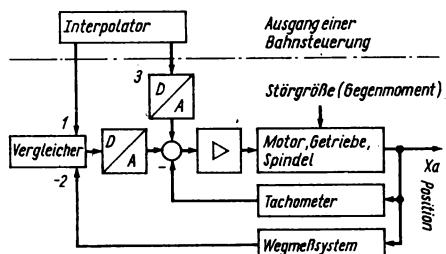
### Kreuzschiebetisch ↑Koordinatentisch

**Kurvensteuerung.** Programmsteuerung, z. B. für Drehautomaten, bei der alle gesteuerten Bewegungen, z. B. die Vorschubbewegung und das Spannen der Werkstücke oder der Werkzeugwechsel, von Kurvenspeichern ausgelöst werden. Diese können sowohl ↑Weginformationen als auch ↑Schaltinformationen enthalten. Die geometrische Form und Art der Kurvenspeicher richtet sich nach den zu erzeugenden Wegen und Geschwindigkeiten sowie Anordnungsmöglichkeiten (s. Bild).



**Lager, automatisches.** Gebäude, Anlagen und Einrichtungen für die Lagerung materieller Güter und ihren Umschlag. Sie können mit Einrichtungen für den innerbetrieblichen Transport gekoppelt sein und sind mit den Mitteln der Automatisierungstechnik so ausgestattet, daß sie die Abläufe selbsttätig ausführen.

**Lageregelkreis.** Funktionsgruppe von Bahnsteuerungen, die mit den vom Interpolator errechneten Koordinatenwerten den Antrieb führt (s. Bild). Die ↑Bewegungseinheit befindet sich dabei immer im geregelten Zustand. Die Regelabweichung des L. heißt Schleppfehler. Sie wird durch



- 1 digitaler Positionssollwert
- 2 digitaler Positionsistwert
- 3 digitale Geschwindigkeitsvorgabe

die dynamischen Eigenschaften bestimmt. Durch Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeiten wird der Schleppfehler verringert. Zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens wird oft die Geschwindigkeit als 2. Führungsgröße zur Erzeugung eines Vorhalts (D-Verhalten) aufgeschaltet (Geschwindigkeitsrückführung). Die Realisierung erfolgt mit analogen oder digitalen Antriebselementen.

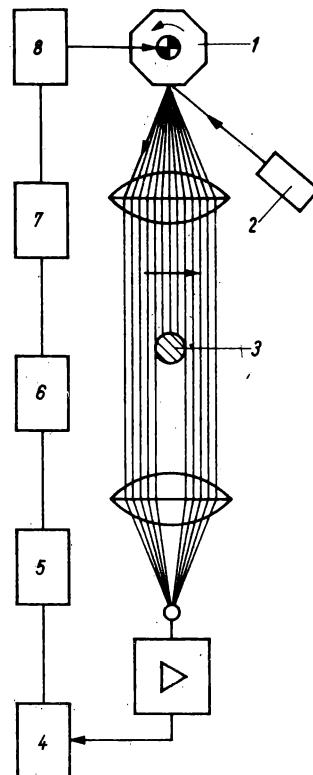
**LAN** (local area network) lokales Rechnernetz, verteilte Rechner- bzw. Terminalsysteme.

**Laser.** Quantenmechanischer Verstärker, dessen Wirkungsweise auf den Energietausch zwischen einem Höchstfrequenzfeld im Bereich des Lichtes und der inneren Energie von Atomen, Ionen, Molekülen od. a. beruht. L. erzeugen kohärentes, stark gebündeltes, monochromatisches Licht. Impuls-L. hoher Leistung können als Werkzeug zur Werkstoffbearbeitung, -behandlung u. a. benutzt werden.

**Laserbearbeitung.** Bearbeitung oder Behandlung von Werkstücken, z. B. durch Schneiden, Schweißen, Wärmebehandeln, Beschriften, mit einem zwei- oder dreidimensional lenkbaren energiereichen Strahl z. B. eines CO<sub>2</sub>-Lasers. Bei einem System zur L. wird i. allg. der Laserstrahl über eine Reihe von Spiegeln von einem stationären Laser z. B. zum Arbeitskopf eines IR übertragen. Solche Systeme eignen sich für die automatische Fertigung und werden auch über Mikrorechner gesteuert.

**Laserscanner.** Einzeln oder in Fertigungssystemen integriert betreibbares optoelektronisches Lasermefgerät, das nach dem Schattenwurfprinzip arbeitet (s. Bild). Es lassen sich Innen-, Außendurchmesser, Wanddicken von Werkstücken als makrogeometrische Prüfmerkmale feststellen, aber auch die auf eine Referenzkante bezogene Position eines Werkzeugs, auch Unrundheit und Ovalität von Prüflingen. Das Mefsystem muß nicht kalibriert werden. Bei einer Mefzeit von 1 s können 100 Messungen ausgeführt werden. Es bedeuten: 1 Polygonspiegel; 2 Laser; 3 Mefobjekt; 4 Nullpunktbe-

stimmung; 5 Gate; 6 Auswertung, Anzeige; 7 Oszillator; 8 Motoransteuerung.



**LCD** (liquid crystal display) Flüssigkristallanzeige

**Leitliniengeführtes Flurförderzeug** ↑Transportsystem, automatisches

**Leitrechner.** Rechner in einem hierarchischen Rechnersystem, der die Arbeit untergeordneter Rechner (Satellitenrechner) koordiniert.

**Leser** ↑Lochstreifenleser

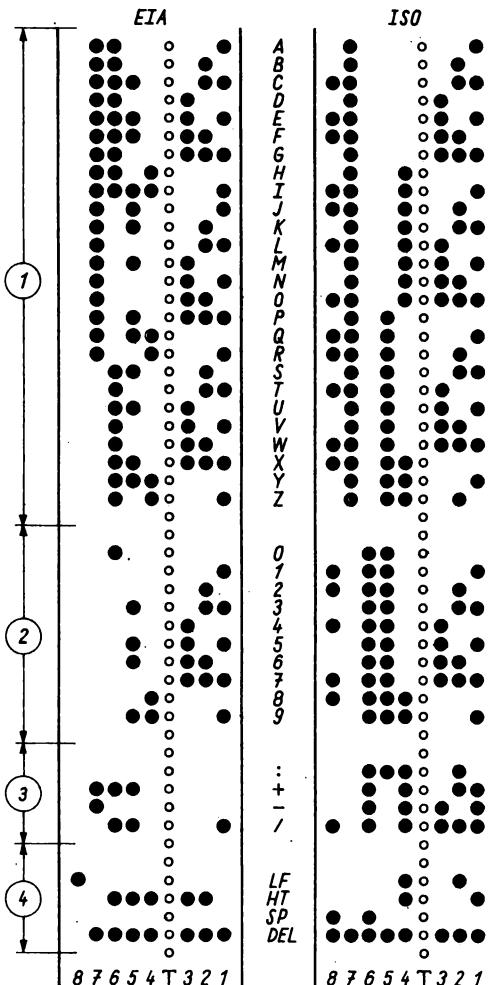
**Lichtwellenleiter.** Geschützte Glasfaser von extremer Reinheit, mit der Licht über große Entfernnungen zum Zweck der Informationsübertragung geleitet werden kann. So lassen sich z. B. zur Prozeßautomatisierung oder Fertigungskontrolle Kommunikationsnetze in Busstruktur errichten. L. zeichnen sich durch eine große

Bandbreite, geringe Störanfälligkeit, niedrige Masse und geringes Volumen aus. Der elektronische Zusatzaufwand ist allerdings erheblich.

### Linearinterpolation ↑Geradeninterpolation

### Lochstreifen ↑Achtspur-Lochstreifen

**Lochstreifenkode.** Kode für ↑Achtspur-Lochstreifen (früher auch Fünfspur-Lochstreifen) zur Steuerung von z. B. WZM. Die Zeichen werden durch eine Kombination von Löchern dargestellt; i. allg. wird eine Spur als Prüfspur verwendet.



International werden vor allem der ↑EIA-Kode und der ↑ISO-7-Bit-Kode eingesetzt (s. Bild). Es bedeuten: 1 bis 8 Programm- und Prüfspuren; T Transportspur; (1) Alphazeichen; (2) numerische Zeichen; (3) Sonderzeichen; (4) Steuerzeichen; LF (line feed) Zeilenvorschub; HT (horizontal tabulation) Horizontaltabulator; SP (space) Zwischenraum; DEL (delete) Löschen.

**Lochstreifenleser.** Gerät, das die in einem Lochstreifen enthaltenen Daten in Impulse umsetzt. Das Abtasten der gelochten Stellen kann über elektrische Kontakte, Fotodioden oder -transistoren, pneumatisch und kapazitiv erfolgen. Die Einlesegeschwindigkeit beträgt bei fotoelektrischem L. bis 1 500 Zeichen je Sekunde. Der L. liest ein Programm immer von Satzende zu Satzende (↑Programmsatz).

**Logikelement.** Schaltung, in der Beziehungen zwischen Ausgangs- und Eingangssignalen mit den Begriffen der Booleschen Operationen definiert werden können.

**logische Bedingungen.** Bedingungen, die Zusammenhänge besonders beim Programmieren anspruchsvoller Handlungsabläufe widerspiegeln, z. B. Montage durch sensorgeführten IR. Dazu zählen programmiertes Warten, Wiederholung von Funktionen und Zyklen, Suchfunktionen, Programmanwahl u. a. Die Strukturelemente von Programmen mit l. B. zeigt das Bild. Es bedeuten: P Parametereinstellung; UP Unterprogramm; E Einsprung in UP; R Rücksprung aus UP; 1 Haltefunktion; 2 Schleife; 3 Schleife mit Parameterversorgung; 4 Verzweigung; 5 Sprung; 6 Steuerung mit Parameterversorgung.

**Logistik.** In der Produktionstechnik die Gesamtheit und das komplexe Zusammenspiel aller Tätigkeiten sowie Koordinierung aller Teilprozesse, die die Versorgung eines Produktionssystems mit Werkzeugen (Werkzeug-L.) und Werkstücken (Werkstück-L.), z. B. eines flexiblen bedienarmen Fertigungsabschnitts, optimal und automatisch gewährleisten.

**Lose.** Spiel, „toter Gang“ in mechanischen Übertragungsgliedern einer WZM, z. B. zwischen Spindel und Mutter. Bei CNC

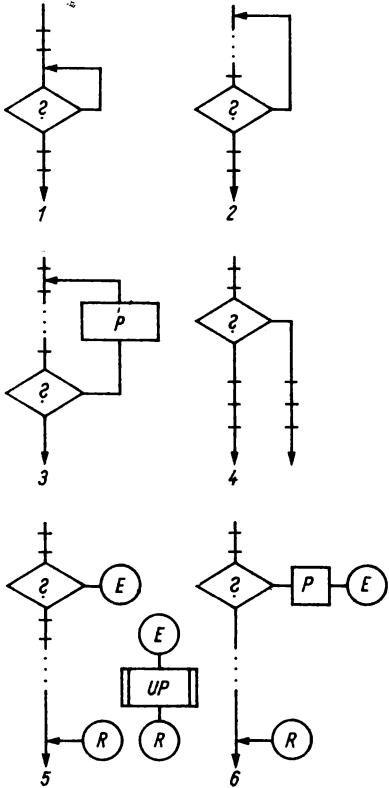


Bild zu logische Bedingungen

kann eine L.-Kompensation über Korrekturwerte vorgenommen werden.

**LTR** (leitliniengeführte Transportroboter)  
↑Transportsystem, automatisches

**Makrobefehl.** Kombination häufig benötigter Befehlsfolgen in verkürzter Schreibweise bei maschinenorientierten Programmiersprachen. Im Quellprogramm besteht der M. i. allg. aus einer Bezeichnung und einer Anzahl von Parametern. Bei der Übersetzung des Quellprogramms werden die M. durch ihre entsprechenden Befehlsfolgen ersetzt und die Parameter aktualisiert.

**Manipulator.** Gesteuertes technisches Handhabesystem mit Greifer und -führung zum räumlichen Verlagern von Objekten.

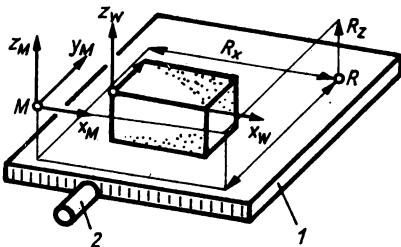
**Manuskript, Programmtabelle.** Tabelle mit einer Folge von Angaben über Koordinatenwerte, Vorschübe, Drehzahlen, Werkzeuge usw., die bei der manuellen Programmierung anhand des Arbeitsplatzes zu bestimmen sind.

**MAP** (manufacturing automation protocol). Übereinkunft zum Herstellen einheitlicher Schnittstellen für das Verknüpfen rechnerunterstützter Systeme auf allen Ebenen einer Fabrik.

**Maschinenausnutzungsgrad** ↑Ausnutzungsgrad

**Maschinenfließfreie, MFR.** Hintereinander angeordnete, technologisch aufeinander abgestimmte und durch kurze Wege miteinander verbundene Arbeitsplätze, auf denen Arbeitsgegenstände durch überwiegend maschinelle Arbeit in Fließfertigung bearbeitet werden. Die Arbeitsgegenstände werden meist automatisch (AMFR) mit oder ohne Werkstückträger hauptsächlich taktweise (↑Taktstraße), aber auch zeitlich ungebunden (↑Transferstraße) weitergegeben.

**Maschinenkoordinatensystem.** Meist ein kartesisches rechtsgängiges Koordinatensystem, dessen Ursprung (Maschinennullpunkt M) ein markanter maschinenfester Punkt ist, z.B. ein Eckpunkt oder die Mitte des Maschinentisches 1 (s. Bild).



An einer NCM werden die Verfahrwege innerhalb des Bearbeitungsräums im M. gemessen. Die Programmierung geometrischer Elemente erfolgt jedoch in einem Bezugs- oder Hilfskoordinatensystem, dem ↑Werkstückkoordinatensystem W, das auf das Werkstück bezogen ist. Der Bezug zwischen beiden Koordinatensystemen wird durch eine Einrichtungsanweisung

hergestellt. Ein weiterer maschinenfester Punkt ist bei NCM mit inkrementaler Wegmessung 2 der Referenzpunkt R.

**Maschinensprache.** Völlig maschinenabhängige Programmiersprache, d. h. eine solche, in der die Instruktionen nur die elementaren Operationen angeben, für deren Ausführung der Rechner entworfen wurde.

**Maschinensystem.** In der Fertigungstechnik die Gesamtheit informationstechnisch gekoppelter und lose oder starr verketteter unterschiedlicher, einander ergänzender Bearbeitungsstationen, die ein Werkstück in technologisch bedingter Folge durchlaufen muß, um zu einem Zwischen- oder Endprodukt zu werden. Das M. bildet die Grundlage für umfassendere Systeme, z. B. Fertigungssystem.

**Massenspeicher.** Zusatzspeicher von sehr großer Kapazität, der zur Speicherung von Daten verwendet wird, auf die nur selten Bezug genommen werden muß.

**Matrixschalter.** Schaltanordnung ähnlich dem Koordinatenschalter zur Realisierung mehrerer Schaltfunktionen, die von gleichen Eingangsvariablen abhängen. M. dienen oft zur Kodierung bzw. Dekodierung von Zeichen mit einer festen Anzahl von Variablen, z. B. auf Lochbändern mit 8 Spuren. Äußeres Kennzeichen, eines M. ist, daß die funktionswichtigen Teile, meist Dioden (Diodenmatrix), an den Kreuzungspunkten koordinatenartig angeordneter Leitungen der einzelnen Eingangs- und Ausgangsvariablen angeordnet sind.

**MDE.** Abk. für Maschinen- und Zustandsdatenerfassung.

**Mechanisierung.** Anwendung verschiedenartiger technischer Mittel zur Ausübung menschlicher Funktionen mittels mechanischer, hydraulischer, pneumatischer oder elektrischer Energieübertragung. Die hierzu erforderlichen Hilfsfunktionen, die die Einzeloperationen einleiten, auswählen, steuern und beenden, erfolgen durch den Menschen bei niedriger Kraft- und Leistungsübertragung. Das Aneinanderreihen von Operationen und der Ablauf des Ge-

samtprozesses wird durch den Menschen vorgenommen.

**Mehrachinductosyn.** ↑Inductosyn, bei dem mehrere Windungen mit verschiedener Periode in parallelen Bahnen sowohl am Maßstab, als auch am Läufer angeordnet werden. Die verschiedenen Spuren werden zur Grob- und Feinmessung benötigt.

**Mehrkanalsteuerung** ↑Nachformsteuerung, hydraulische

**Mehrkurvensteuerung** ↑Drehautomat, kurvengesteuerter

**Mehrschnittautomatik.** An Nachformdrehmaschinen eine Einrichtung mit einer schaltbaren Trommel, die einrichtbare Anschläge enthält, um zu sichern, daß jeweils nur ein Span mit der zulässigen Spantiefe abgehoben wird. Die Spantiefentrommel wird nach jedem Schnitt weitergetaktet.

**Mehrschnittbearbeitung.** Bearbeitung eines Werkstücks gleichzeitig durch mehrere Werkzeuge, mit jeweils eigenem Werkzeugträger (Support).

**Mehrspindelautomat.** Vorzugsweise kurvengesteuerter Drehautomat mit 4 bis 16 senkrecht, meist aber waagerecht angeordneten Arbeitsspindeln, die sich in einer nach jedem Arbeitstakt weiterrückenden Spindeltrommel befinden. Die Werkzeuge und Sondervorrichtungen befinden sich auf einem vier-, sechs-, achtflächig bzw. je nach Spindelanzahl gestaltetem Hauptwerkzeugschlitten. Seitenschlitzen und Zusatzeinrichtungen gestatten weitere Arbeitsmöglichkeiten. Da an allen Arbeitsspindeln gleichzeitig gearbeitet wird, hat der M. eine sehr hohe Produktivität.

**Mehrspindelkopf.** Baueinheit mit rotierenden Spindeln, die für mehrspindlige Werkstückbearbeitungen, z. B. Bohren, Senken, Reiben, Gewindeschneiden, meist an ↑Sondermaschinen und in ↑Taktstraßen eingesetzt wird. Die Spindelanordnung kann fest oder einzeln manuell bzw. gemeinsam durch einen Zentralantrieb verstellbar sein. Um beim Bohren die geforderte Genauigkeit der Bohrdurchmesser und ihrer Achsabstände einzuhalten, werden die Werkzeuge oft in

Bohrbuchsen geführt, die an der Spannvorrichtung, im Ausnahmefall auch an einer federnden Werkzeugführungsplatte am M. befestigt sein können.

**Mehrstationenmaschine.** WZM, bei der bei einmaliger Aufspannung eines Werkstücks mehrere Bearbeitungsoperationen an mehreren taktweise zu durchlaufenden Bearbeitungsstationen ausgeführt werden. Die Werkzeuge befinden sich in festen Arbeitspositionen. Die Zubringebewegung ist längs- oder rundtaktend dem Werkstück zugeordnet.

**Mehrstückbearbeitung.** Bearbeitung von gleichzeitig mehreren gleichen oder auch unterschiedlichen Werkstücken auf einer Mehrspindelmaschine, wobei jeder Hauptspindel ein eigenes Werkzeugträgersystem zugeordnet ist.

**Mehrwegemaschine.** Sondermaschine, die meist aus Baueinheiten aufgebaut ist und bei der sich die Arbeitseinheiten aus mehreren Richtungen gleichzeitig oder nacheinander auf das ortsfeste Werkstück zu bewegen und auch in dieser Richtung die Arbeitsoperationen ausführen.

**Mensch-Maschine-System.** Regelkreis mit hinreichend wiederholtem Beobachten und Erfassen einer Regelgröße auf Anzeigegeräten, Vergleichen mit der Führungsgröße und entsprechendem Ein- bzw. Nachstellen der Regelstrecken durch den Menschen.

**Mefjautomat.** Automat zum Messen und Prüfen von Werkstücken. Die Werkstückhandhabung, der Mefzyklus und die Steuerung der Systemelemente sowie die Ermittlung, Verarbeitung und Steuerinformationsausgabe erfolgen automatisch. Je nach Aufgabe sind reine Gut- und Ausschufsprüfung, Feststellen einfacher Prüfmerkmale, Maf-, Form-, Lageabweichungen sowie Mefaufgaben, die den Rechnereinsatz erfordern, z. B. Zahnrad-, Gewinde-, Kegel- und Wendelbohrermessung, durchführbar.

**Mefjautomatisierung.** Automatisierung der mit dem Messen zusammenhängenden Vorgänge, wie Mefdatengewinnung, -weiterleitung und -verarbeitung, -auswertung

und -anzeige, mit dem Ziel, Prozeßparameter z. B. in der Fertigung festzustellen, um anschließend mit geeigneten Einrichtungen gezielt auf diese einwirken zu können. Die rechnergestützte M. ist unerlässliche Voraussetzung für höhere Formen der Fertigungsautomatisierung.

**Mefleinrichtung.** Alle Mef- und Hilfsmittel, die für das Messen nach einem bestimmten Mefverfahren eingesetzt werden; im engeren Sinne Geräte zur elektrischen Messung nichtelektrischer Größen und Funktionseinheiten zur Informationsgewinnung.

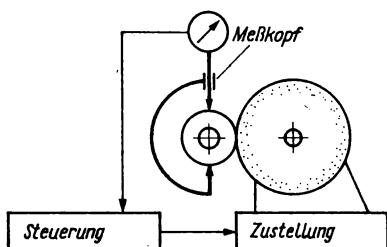
**Mefleinrichtung, intelligente.** Automatisierte Mefleinrichtung, bzw. Mefmaschine, die Mefsignale sofort unter Nutzung mikrotechentischer Mittel informationstechnisch aufbereitet. Eigenschaften und Funktionsumfang können sein: Mefwertgewinnung (Wandlung von Prozeß- und Produktgrößen, Signalverstärkung, -filterung, Mefbereichswahl), Mefwertvorverarbeitung (Mefwert-, Nullpunkt-, Zusatzfehlerkorrektur, Mefgrößenumrechnung, Linearisierung, Filterung von Ausreißern, Diagnosefunktionen), Eigenfunktionen (Busankopplung, Eigen-, Grenzwert-, Hilfsenergie-, Alterungsüberwachung).

**Mefkopf.** Gerät zur Mefwerterfassung, das z. B. einen elektromechanischen, optischen oder pneumatischen Aufnehmer und Einrichtungen zur Anpassung an die Mefaufgabe, wie Abhebeeinrichtung, Einrichtung zum Einstellen der Mefkraft, Dämpfungseinrichtungen u. a., enthält. Das Gerät kann auch als NC-M. ausgeführt sein.

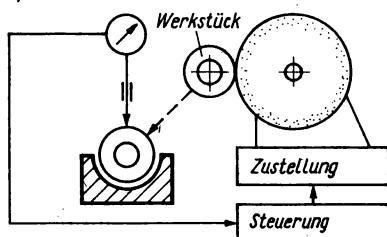
**Mefsteuerung.** Steuerung in der Fertigungstechnik, bei der die durch das Werkzeug hervorgerufene Änderung direkt am Werkstück gemessen und mit einem oder mehreren einstellbaren Sollwerten verglichen wird. Bei der direkten M. (s. Bild a) wird während der Bearbeitung gemessen; bei der indirekten M. (s. Bild b) verläßt das Werkstück dazu die Maschine. Die Mefköpfe können mechanisch, elektrisch, optoelektrisch, elektronisch und pneumatisch arbeiten. Die M. wird vorzugsweise in der Feinbearbeitung bzw.

bei schnellverschleißendem Werkzeug, z. B. Schleifscheibe, eingesetzt.

gnale (Stellgrößen); 4 Anzeigen Binärsignale.



a)

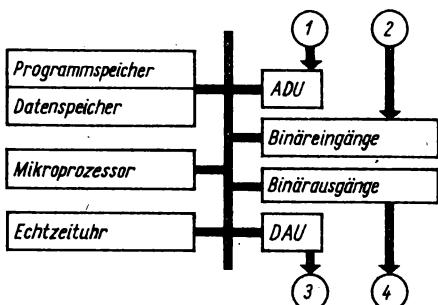


b)

MFR ↑ Maschinenfließreihe

**M-Funktionen.** Zusatzfunktionen, die bei NC programmiert werden können, z. B. „Definierter Spindelhalt“, „Werkzeugwechsel“ oder „Schnellstmögliche Spindelstillsetzung und Kühlmittel aus“. Die M. können satzweise oder am Satzende wirksam werden.

**Mikrorechnerregler.** Regler, dessen Kern ein Mikrorechner ist und dessen Regelverhalten durch ein gespeichertes Regelprogramm vorgegeben ist. Im Gegensatz zu traditionellen Reglern werden die verschiedenen Aufgaben, z. B. Meßwerterfassung, Stellgliedansteuerung, nicht gleichzeitig erledigt, sondern in schneller Folge nacheinander, aber im Echtzeitbetrieb. Vorteile: Verwendung sehr komplizierter Regelalgorithmen bei gleichbleibender Hardwarestruktur (s. Bild); große Wertebereiche für die Regelparameter; Driftsfreiheit von z. B. Sollwerten; komfortable Möglichkeiten für Selbstüberwachung, Fehlerbehandlung und Havarieprogramme. Es bedeuten: 1 Analogsignale (Meßgrößen); 2 Anschluß Führungsrechner, Bedienkonsole, Binärsignale; 3 Analogsi-



**Modulkonzept.** Plan zum Aufbau einer Einrichtung aus problemangepaßten Baugruppen, wobei jeder Modul über ein Baukastensystem eine spezielle Anpassung erfahren hat. ↑Aufbaumaschine.

**Moiréeffekt.** Entstehen regelmäßiger Muster bei Überlagerung mehrerer Raster in einer bestimmten Winkelung zueinander. Vgl. ↑Gegengitterverfahren.

**Monitor.** 1. Überwachungsprogramm, das die Abarbeitung von Arbeitsprogrammen im Rechner überwacht und steuert. 2. Einrichtung zur Beobachtung des Zustandes eines Systems; sie zeigt z. B. wesentliche Abweichungen von der Norm an. 3. Bildschirm.

**Montageautomatisierung.** Anwendung von festprogrammierten Montageautomaten und freiprogrammierbaren IR, die Bauteile bzw. Baugruppen selbsttätig aufgabengemäß zusammenbringen. Beim Einsatz von IR werden die Organisationsformen Montagezelle und -linie gleichermaßen verwendet.

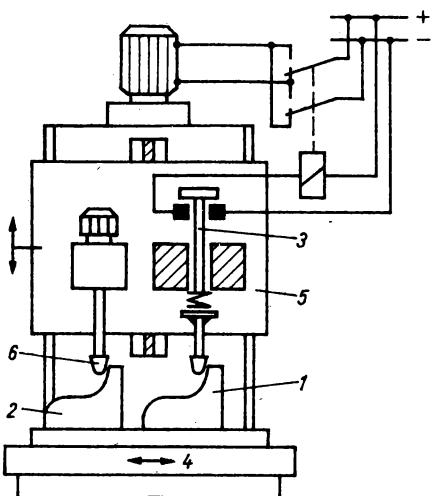
**MPS.** Abk. für modulares Programmsystem der Fertigungssteuerung.

**Nachfahrgenauigkeit.** Abweichung eines Fühlers von der Sollform als Maß für die Qualitätsbeurteilung von Kopier-WZM, wobei eine konstante Steigung (Rampe) als Sollbahn verwendet wird. Die N. spiegelt sämtliche Fehler der Steuerung wider. Vgl. ↑Nachformgenauigkeit.

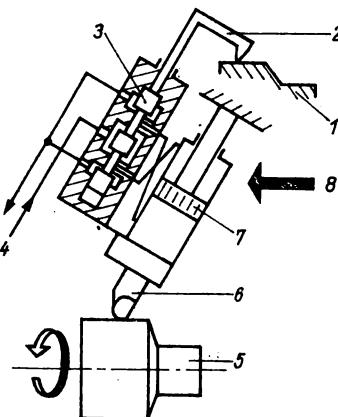
**Nachformgenauigkeit.** Abweichung der Form eines Testwerkstücks von der Form des Modells als Maß für die Qualitätsbeurteilung von Kopier-WZM. Der Fehler am Werkstück ist dem Nachformfehler gleichzusetzen.

**Nachformsteuerung.** Bahnsteuerung, bei der das Bearbeiten von Werkstücken nach formgetreuen oder die richtige Werkstückform erzeugenden Formspeichern (Musterwerkstücke, Schablonen) erfolgt. Es besteht ein Bewegungszusammenhang zwischen Werkzeug und Tastelement. N. können in mechanische und hydraulische (stetige) sowie elektrische (unstetige) eingeteilt werden. Das Nachformen kann ein- oder mehrdimensional erfolgen [3].

**Nachformsteuerung, elektrische.** Steuerung, bei der das Modell elektrisch bzw. elektronisch abgetastet wird. Häufig werden besonders an Fräsmaschinen Zwei- (s. Bild), Drei-, Vier- und Fünfstellungstaster eingesetzt. Modell 1 und Werkstück 2 werden z. B. beim Zweistellungstaster 3 mit konstantem Leitvorschub 4 bewegt. Der Werkzeugschlitten 5 bewegt sich ständig nach oben oder unten in Abhängigkeit von der Schalterstellung am Taster. Das Werkzeug 6 folgt dadurch der Fühlerbewegung.



**Nachformsteuerung, hydraulische.** Steuerung, besonders für kleinere WZM, bei der das Modell 1 stetig von einem Taster 2 berührt wird, der mit einem Steuerkolben 3 verbunden ist und die Lageregelung in einem hydraulischen Folgeregelkreis bewirkt. Der Steuerkolben kann eine oder mehrere Steuerkanten haben, z. B. vier (s. Bild). Außerdem bedeuten: 4 Druckölleitungen; 5 Werkstück; 6 Drehwerkzeug; 7 Schubkolben; 8 Leitvorschub.



**Nachverarbeitungsprogramm,** Postprozessor. Rechenprogramm, das aus den Ausgabedaten eines ↑Verarbeitungsprogramms ein Steuerprogramm für eine spezielle NCM maschinell herstellt. Das Ergebnis ist ein Steuerlochstreifen mit dem richtigen Format und der benötigten Kodierung für das betreffende Steuerungssystem.

**NC (numerical control)** ↑numerische Steuerung

**NCM (numerical controlled machine)** ↑numerisch gesteuerte Maschine (WZM)

**NCMC (NC machining centre)** numerisch gesteuertes ↑Bearbeitungszentrum

**NC-Postprozessor** ↑Nachverarbeitungsprogramm

**NC-Programmierung** ↑Programmierung, ...; ↑Programmiersprache

**NC-Prozessor** ↑Verarbeitungsprogramm

**NC-Rundtisch.** Stufenlos drehbarer Tisch für z. B. Rundfräserarbeiten und Mehrseitenbearbeitungsaufgaben mit eingebautem Winkelmeßsystem (Auflösung z. B. 0,001°), der z. B. über Gleichstrommotor und Schneckengetriebe angetrieben und numerisch gesteuert wird.

**NC-Steuerung** ↑numerische Steuerung, ↑CNC-System

**NC-Technik.** Gesamtheit aller Geräte, NC, NCM, Programme, Simulationsmittel, Programmierereinrichtungen und -sprachen zur Herstellung von technischen Erzeugnissen auf maßzahlenverarbeitenden Maschinen, bei denen durch geometrische und technologische Informationen Form-, Zustands-, Lage- und Ortsveränderungen an den Arbeitsgegenständen hervorgerufen werden. Die N. ist wesentlicher Bestandteil der automatisierten Fertigung und ermöglicht eine durchgängige Datenverarbeitung bei diskontinuierlichen Prozessen. Zu den Geräten gehören Punkt-, Strecken-, Bahnsteuerungseinheiten sowie spezielle Anpaß- und Starkstromteile.

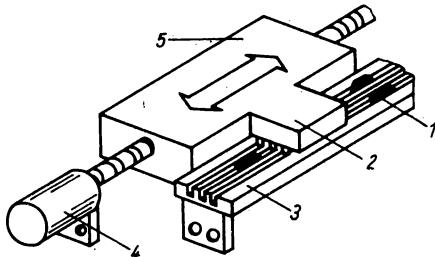
Alle Unterlagen und Anweisungen, z. B. problemorientierte ↑Programmiersprachen, Hilfsprogramme, Karteien, Kataloge, bilden die Betriebssysteme; außerdem Schreib-, Zeichen-, Programmiergeräte und Rechner. Die N. erstreckt sich mittlerweile nicht nur auf den WZM-Bau, sondern auch auf Elektrotechnik/Elektronik, Laser-/Elektronenstrahlgeräte, Zeichentische u. a.

**NC-Wertigkeit.** Erfahrungskriterien, die gegenüber der herkömmlichen Fertigung bei der NC-Fertigung vor allem Zeiteinsparungen erbringen sollen. Dazu zählen z. B. bei Dreiteilen komplizierte Formen, Anzahl der Formelemente (Gewinde, Einstiche, Konen), Genauigkeit, Losgröße, Wiederholhäufigkeit. Bei Bohrbearbeitung sind es die Anzahl der Bohrungen, die Positionen und Bohrbilder.

**Nestfertigung.** Gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt in dem verschiedenartige Maschinen bzw. Arbeitsplätze zur Herstellung von Einzelteilen, häufig aber zur Montage von Baugruppen oder Fertigerzeugnissen räumlich und organisatorisch (in einem Netz) zusammengefaßt sind.

**NNC.** Abk. für nicht numerische Steuerung; international unübliche Bezeichnung.

**Nockenprogrammsteuerung.** Oberbegriff für Programmsteuerungen, bei denen mit Hilfe analoger Maßspeicher eine begrenzte Anzahl variabler Arbeitsinformationen programmiert werden kann. Als analoger Maßspeicher bzw. Impulsgeber fungieren mechanische Schaltnocken 1 (s. Bild) u. a.



Mit der einfachen N. ist das Bearbeiten in ebenen Bewegungszyklen günstig ausführbar. Die erweiterte N. gestattet auch ↑Schaltinformationen, z. B. über ein Stekerfeld, unterzubringen. Damit ist auch eine automatische Bearbeitung in 3 Koordinaten möglich. Außerdem bedeuten: 2 Abtasteinrichtung; 3 Nockenbahn; 4 Tischantrieb; 5 Maschinentisch.

**NTC (numerical tracer control).** Kombination von Kopier- und CNC-Steuerung bei Kopierfräsmaschinen, wobei die freie Programmierung der günstigsten Bahnen, welche der Kopiergehöhr und somit der Fräser abfahren soll, unter Berücksichtigung von Fräslänge, Fahrtwinkel, Zeilenbreite und Vorschub erfolgt. Durch geschickte Führung des Kopierwegs können Kopierfehler vermieden werden.

**Nullpunkt.** Vereinbarter (festgelegter) Ursprung eines Koordinatensystems. In der NC-Programmierung ist die Unterscheidung von Werkstück-N. 1, Programm-N. 2 und Maschinen-N. 3 von Bedeutung sowie der jeweilige Versatz von einem zum anderen (s. Bild).

**Nullpunkt drift.** Abweichung der Anzeige Null bei konstanten Umwelt- und äußeren Betriebsbedingungen während einer bestimmten Betriebsdauer.

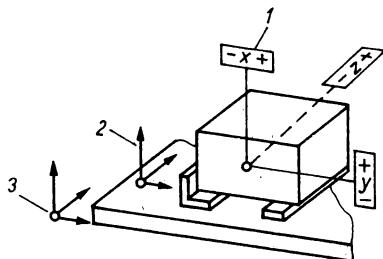


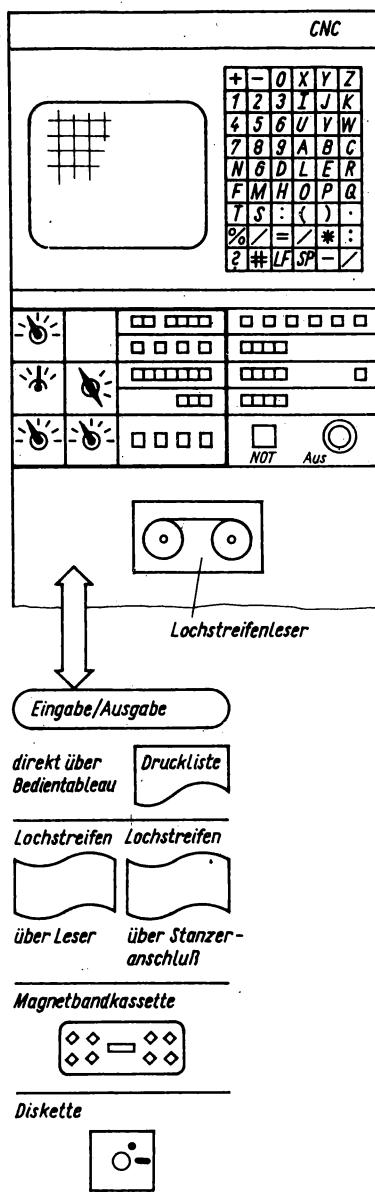
Bild zu Nullpunkt

**Nullpunkttransformation**, -verschiebung. Operation zur Überführung eines Koordinatensystems in ein anderes. In der NC-Technik wird die N. durch die Verrechnung des ↑Festwerts bzw. durch den Nullabgleich der Meßsysteme berücksichtigt. Die N. ist nur bei absoluter Meßwertverarbeitung erforderlich. Sie ist für alle Werkzeuge und Achsen durchzuführen.

**Nullung**. Meist manuelle Einstellung einer Einrichtung, z. B. Werkzeugschneide, auf einen bekannten Bezugspunkt, z. B. den Nullpunkt des Werkstückkoordinatensystems, und die Übernahme dieses Wertes in das Maschinenkoordinatensystem durch Nullstellung der Zähler bei inkrementalem Meßsystem, Einspeicherung des Festwerts bei absolutem Meßsystem bzw. Einstellung mechanischer oder optischer Meßsysteme. Die N. ist die Voraussetzung für eine ↑Nullpunkttransformation.

**numerische Steuerung, NC**. 1. Allgemeine Bezeichnung für den Betrieb einer Maschine (↑numerisch gesteuerte Maschine) anhand von Maßzahlen für physikalische Größen. 2. Technische Einrichtungen zum Steuern von Schub- und Drehbewegungen an NCM, IR u. a. Die N. ist eine Steuerung mit zahlenmäßiger Programmeingabe, interner Informationsverarbeitung und ständiger Anpassung an den Arbeitsfortschritt. Sie ermöglicht die Abarbeitung umfangreicher Programme bei großer Flexibilität. Man unterscheidet nach Punkt-, Strecken- und Bahnsteuerung. Weitere Klassifikationsmerkmale beziehen sich auf die Art der Verarbeitung, z. B. absolute oder inkrementale Verarbeitung, und auf die gewählte Realisierung, wie festver-

drahtet oder freiprogrammierbar. N. enthalten heute Rechner und werden deshalb als CNC-Steuerung bezeichnet. Der Datentransfer kann auf vielfältige Weise realisiert werden (s. Bild).



Die N. wurde 1949 erstmals für eine bahn-gesteuerte Fräsmaschine mit 3 translatorischen und 2 rotatorischen Achsen und einer Befehlseingabe über Magnetband realisiert [1] [9] [13].

**numerisch gesteuerte Maschine, NCM.** Maschine, die numerisch (ziffernmäßig) eingegebene geometrische und technologische Daten (Weg- und Schaltinformationen), die in Datenträgern entsprechend der Programmfolge gespeichert sind, verarbeitet, um gewünschte Relativpositionen, -bewe-gungen und -geschwindigkeiten zwischen Werkstück und Werkzeug im Bearbeitungsprozeß durch Steuern bzw. Regeln zu erreichen.

Im allgemeinen wird ein über ein Meß-system festgestellter Istwert mit dem im Programm vorgegebenen Sollwert verglichen. Sind vorgegebene Verhältnisse erreicht, löst der ↑Vergleicher Schaltinfor-mationen aus. Die meisten N. sind heute rechnergesteuert, also ↑CNC-Systeme.

Ursprünglich wurden nur konventionelle WZM als Grundlage für NCM benutzt. Die höhere Be- und Auslastung der Maschine führte in der Folgezeit zu speziellen Entwicklungen hinsichtlich der Antriebstechnik, des Führungsverhaltens sowie der thermischen, statischen und dynamischen Steife. NCM arbeiten sehr genau, erfordern nur geringe Vorbereitungs- und Abschlußzeiten an der Maschine und sind auch bei kleinen Losgrößen rentabel. Anwendungsbereiche sind: Dreh-, Bohr-, Frä-, Erodier-, Brennschneide-, Blech-schneidemaschinen, Zeichentische usw. [8] [10] [12] [14].

**OAS (office automation system).** System zur Büroautomatisierung.

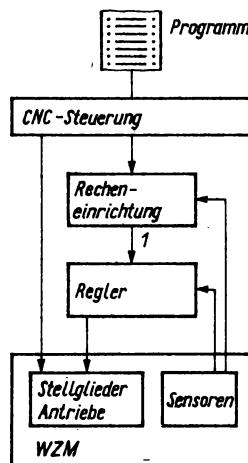
**Off-line-Betrieb.** Art des Zusammenwir-kens von Prozeß und informationsverar-bietender Einrichtung, z. B. Steuerung einer NCM, die örtlich und/oder zeitlich voneinander unabhängig und ohne direkte Kopplung verläuft.

**Oktal(zahlen)system.** Positionssystem mit der Basis 8, d. h., jeder Stelle ist eine Wertigkeit zugeordnet, die den Potenzen von 8 entspricht. Beispiel: Dezimalzahl

$$135 = 2 \cdot 8^2 + 0 \cdot 8^1 + 7 \cdot 8^0 = \text{Oktalzahl} \\ 207.$$

**On-line-Betrieb.** Art des Zusammenwir-kens von Prozeß und z. B. Steuerung einer NCM durch direkte Kopplung, also ohne Zwischenschaltung eines Datenträgers. Der O. entspricht in diesem Fall dem ↑DNC-System.

**Optimierregelung, ACO.** Regelung nach einem mathematischen Modell mit Erfas-sung und Verarbeitung mehrerer Meßgrö-ßen aus dem Prozeß, z. B. dem Spannungs-vorgang. Es wird durch digitale Berech-nung zu diskreten Zeitpunkten der Wert einer Gütekfunktion bestimmt. Die Bear-beitung wird nach vorgegebenen Glei-chungen beeinflußt, wozu die Kennwerte der angeschlossenen Regler so verstellt werden (1 Verstellung der Reglerpara-meter), daß dieser Wert einem Optimum zustrebt. Gütekriterium kann die Menge oder die Qualität je Zeiteinheit bei kleinst möglichen Kosten sein. Die Maschine op-timiert sich selbst (s. Bild).



**OSI (open system interconnection).** Von der ISO vorgeschlagenes Modell zur Rech-nerverknüpfung.

**Palette.** Plattform zur Aufnahme materiel-ler Objekte, z. B. Werkstücke. Man unter-scheidet Transport-P. mit oder ohne Auf-bauten, Werkstückspann-P. (System-P.), Stapel-P. u. a.

**Palettenwechselzeit.** Zeit zwischen dem Beginn des Wegführers einer auszuwechselnden Palette aus einer repräsentativen Position und dem Ende des Heranführers der folgenden Palette in dieselbe Position.

**Palettenwechsler.** Ein- oder zweiarmige Handhabeeinrichtung an z. B. Fertigungsstellen, um Werkstückspannpaletten von einem Bereitstellplatz zur Bearbeitungseinrichtung zu bringen bzw. umgekehrt.

**Parabelinterpolation.** Methode zur  $\uparrow$ Interpolation, bei der unabhängig vom wahren Funktionsverlauf durch 3 Stützwerte eine Parabel  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$  gelegt wird. Zur Errechnung der Zwischenwerte dienen die Interpolationsformeln nach Newton oder Gauß. Da die Parabel eine Funktion mit veränderlicher Krümmung darstellt, ist ein knickloser Übergang der verschiedenen Kurvenformen möglich. Der Abstand der Stützwerte kann größer sein als bei der  $\uparrow$ Geradeninterpolation. Nachteilig ist bei der P., daß Werkzeugkorrekturen nur mit hohem mathematischem Aufwand realisierbar sind.

**Parallelabtastung**  $\uparrow$ Blockabtastung

**Parallelprogrammierung.** Programmierung eines  $\uparrow$ CNC-Systems parallel zur laufenden Bearbeitung, also in der Fertigung. Sie kann entweder durch direkte Programmierung mit Handeingabe oder an autonomen Programmierplätzen mit NCM-Direktanschluß erfolgen. Vgl.  $\uparrow$ Werkstattprogrammierung.

**Parallelverkettung**  $\uparrow$ Verkettung

**Parameterprogrammierung.** Herstellung eines NC-Programms, das für eine Gruppe häufig vorkommender Bearbeitungsabläufe geeignet ist, aber die Weginformationen noch in allgemeiner Form enthält. Die numerischen Werte je Werkstückform werden gesondert gespeichert und automatisch in das Programm eingesetzt. Mit der P. wird eine begrenzte Programmierflexibilität erreicht.

**Paritätskontrolle,** Quercheck, auch parity bit-check. Steuerungsinterne Maßnahme zur Datensicherung bei NCM mit Lochbandeingabe, die darin besteht, daß die Anzahl der Bitlochungen je nach Pro-

grammkode auf Gerad- und Ungeradzahligkeit überprüft wird. Es lassen sich mit der P., die meist die einzige Lochstreifentestung ist, nur Einfachfehler erkennen.

**PC** (programmable controller; personal computer)  $\uparrow$ Steuerung, programmierbare Arbeitsplatzrechner

**Play-back-Steuerung.** NC mit einem Speicher zur Aufnahme des Werkstückprogramms, daß bei der manuell gesteuerten Bearbeitung des 1. Werkstücks entsteht. Mit dem abgespeicherten Werkstückprogramm können dann beliebig viel gleiche Werkstücke bearbeitet werden.

**Plotter.** Numerisch gesteuerter Zeichentisch, mit dessen Hilfe Arbeitsergebnisse von Datenverarbeitungsanlagen in grafischer Form, meist Zeichnungen, ausgegeben werden können.

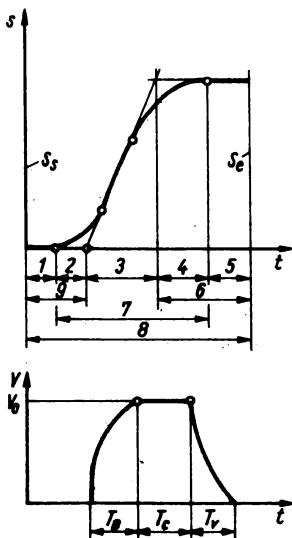
**Position.** Geometrischer Ort, den ein Werkzeug oder Werkstück einnimmt bzw. einnehmen soll, bezogen auf einen festen oder variablen Bezugspunkt, z. B. Werkzeugspitze zu Werkstück.

**Positionieren.** In der NC-Technik eine Verfahrbewegung zur Herstellung einer bestimmten Lage (Position und/oder Richtung), z. B. zwischen Werkstück und Werkzeug, die durch Vorgabe von Sollwerten, z. B. Zahlenwerte, Körperformspeicher, Nockenendschalter, ausgelöst und bei Übereinstimmung mit dem Istwert ( $\uparrow$ Wegmesssystem) beendet wird. Das P. kann simultan in mehreren Achsen erfolgen. Bei der Punktsteuerung wird das Einfahren von Maschinenschlitten oder Werkzeugen in definierte Stellungen als P. bezeichnet.

**Positionierzeit.** Zeit zwischen dem Startsignal  $S_s$  eines Programmsatzes, der eine Verfahrbewegung an der NCM auslöst, und dem Signal  $S_e$  (Position erreicht) zur Freigabe des nächsten Programmsatzes (s. Bild).

Es bedeuten: 1 Anfahrtzeit; 2 Anfahrzeitkonstante; 3 Positionierhauptzeit ( $s_0/v_0$ ); 4 Einfahrzeitkonstante; 5 Einfahrtzeit; 6 Einfahrzeit; 7 Verfahrzeit; 8 Positionierzeit; 9 Anfahrzeit; 6 + 9 Positionierzusatzzeit;  $s_0$  Gesamtverfahrweg;  $v_0$  konstante Geschwindigkeit;  $T_B$  Zeit wäh-

rend des Beschleunigungsvorgangs;  $T_c$  Zeit konstanter Verfahrgeschwindigkeit;  $T_v$  Zeit während des Verzögerungsvorganges.



**Positionsabweichung.** Systematischer Positionsfehler durch den Einfluß aller beteiligten Glieder. Die P. kann näherungsweise nach dem Gesetz der linearen oder quadratischen Fehlerfortpflanzung aus der Summe der Meßabweichung, der steuerungs- und maschinenbedingten Abweichung und des Auflösungsvermögens berechnet werden.

**Positionsanzeige.** Dekadische bzw. hexagesimale Darstellung von ↑Positionen zur Geometrie einer Bewegungssachse. Die Zählung von Wegelementen kann steigend sein bzw. nach Voreinstellung gegen Null gehen, wobei bei letzterer Arbeitsweise Vorabschalt- und Koinzidenzsignale ausgegeben werden können. Damit wird die P. zu einem steuernden teilautomatisierten Gerät; zur Maßvorgabe und zum Start ist der Bedienende nötig.

**Positionsfehler.** Vorzeichenbehaftete Differenz zwischen eingestelltem Sollwert und erreichtem Wert einer Position.

**Positionsstreu breite.** Zufälliger Positionsfehler, der sich näherungsweise nach dem

quadratischen Fehlerfortpflanzungsgesetz aus der Summe der Meßstreu breite (umfaßt alle Veränderungen des Istwert-Ein gangssignals infolge zufälliger Fehler bis zur Eingabe in den ↑Vergleicher) sowie der steuerungs- und maschinenbedingten Streubreite berechnen läßt.

**Positionswert ↑Position**

**Postprozeßmessung.** Gewinnung von Meßwerten zur Qualitätssicherung nach erfolgter Bearbeitung und außerhalb des Bearbeitungsraums mit z. B. Meßstationen, Mehrstellenmeßeinrichtungen, Meß- und Prüfautomaten, Dreikoordinatenmeßmaschinen mit Rechnerauswertung, Bildverarbeitungssystemen. Die P. kann auch zwischen 2 Bearbeitungsstufen z. B. mittels Koordinatentaster, der wie ein Werkzeug gehandhabt wird, erfolgen.

**Postprozessor** ↑Nachverarbeitungsprogramm

**PPS.** Abk. für Produktionsplansteuerung.

**Produktionsprozeß.** Gesamtheit der auf die Herstellung von Gebrauchswerten gerichteten Tätigkeit des Menschen, die mit Hilfe der Produktionsinstrumente die geplante Veränderung der Arbeitsgegenstände bewirken und der durch diese Tätigkeit in Gang gesetzten natürlichen Prozesse. Der P. läßt sich in Produktionshaupt- und -hilfsprozesse einteilen. Hauptprozesse sind solche, die unmittelbar auf die Herstellung der für den Betrieb typischen Erzeugnisse gerichtet sind; Hilfsprozesse schaffen die für die Durchführung der Hauptprozesse notwendigen Voraussetzungen, wie Erzeugen und Verteilen von Energie, Herstellung von Werkzeugen und Vorrichtungen, Wartung und Instandhaltung der Produktionsanlagen, innerbetrieblicher Transport u. a. ↑Fertigungsprozeß, ↑technologischer Prozeß.

**Programm.** Festgelegte und geeignete Folge von Arbeitsinformationen (Befehle und Daten) zur Steuerung z. B. einer NCM. Das P. besteht aus dem Zeichen P.-Anfang, einer Folge von ↑Programmsätzen, dem P.-Ende und kann in ↑Programmabschnitte gegliedert werden. Das Zeichen P.-Anfang ist ein Befehl, der im 1. Satz steht und

den Beginn des programmierten Ablaufs auslöst, aber auch zur Lösung anderer Befehle dienen kann.

**Programmablaufplan, PAP.** Hilfsmittel zur Entwicklung und anschaulichen Darstellung von Programmen. Es gibt problem- und maschinenorientierte P. Die Darstellung kann z. B. mit Hilfe von Symbolen erfolgen.

**Programmabschnitt,** Abschnitt. In der NC-Technik eine bestimmte Anzahl und Folge von ↑Programmsätzen, von denen der 1. Satz ein ↑Hauptsatz ist.

**Programmentwicklung.** Ausarbeitung von ↑Anwenderprogrammen durch manuelle Programmierung in der Assemblersprache des jeweiligen Mikroprozessors und Programmübersetzung in den Maschinenkode oder durch Nutzung eines Wirtsrechners oder eines Entwicklungssystems. Bei letzterem besteht das Prinzip darin, das Programm auf einem Mikroprozessor des Zieltyps zu entwickeln. Vorteilhaft ist die große Realitätsnähe unter Echtzeitbedingungen.

**Programmformat,** Format. Bezeichnung für die kodierte Schreibweise des Aufbaus und der Anordnung der Wörter im Satz. Grundsätzliche P. sind die ↑Adressenschreibweise und die ↑Tabulatorschreibweise.

**Programmgenerierung.** Erzeugung eines speziellen Programms unter Zuhilfenahme bestimmter, dem speziellen Fall entspringender Randbedingungen, das dadurch den Wünschen des Anwenders entspricht.

**Programmieren.** 1. Allgemein: Vorschreiben, Festlegen eines zukünftigen Ablaufs. 2. Technologisch: Problembeschreiben in logischen, ggf. zeitlich aufeinander abgestimmten Einzelschritten und Verschlüsselung in einer maschinenverständlichen Sprache für eine bestimmte Fertigungsaufgabe oder ein fertigungstechnisches Teilproblem.

3. Maschinentechnisch: Einstellen von Nocken an einer WZM oder Erstellen eines Steuerprogramms für NCM, z. B. mit Hilfe eines Rechners aufgrund von Geometrie- und Technologie-Eingabedaten für

ein Werkstück. Ob das P. am zweckmäßigsten am Schreibtisch, unter Benutzung von Programmierverfahren mit Rechnern, an der Maschine oder in Kombination beider Methoden erfolgt, hängt u. a. von der Art der Bearbeitungen, Betriebsgröße und -organisation, Bediener- und Terminsituation ab.

4. Rechentechnisch: Erarbeitung eines Programms für einen Rechenautomaten, meist in Form eines ↑Programmablaufplans.

**Programmiersprache.** Oberbegriff für Maschinen- und Symbolsprachen, die ein System von Zeichen zur Formulierung von Programmen darstellen.

P. lassen sich in elementare, problemorientierte und höhere (problemorientierte) Sprachen unterscheiden. Eine problemorientierte P. besteht aus Zeichenvorrat und Wortschatz mit bestimmter ↑Semantik und ↑Syntax. Der Zuschitt auf ein Problem gestattet, den Wortschatz auf ein leicht erlernbares Mindestmaß zu beschränken.

Einige wichtige P. sind: PL/1 mit universellem Anwendungsbereich; FORTRAN IV, FORTRAN 77, ALGOL 60, ALGOL 68, PASCAL, BASIC für Wissenschaft und Technik; ASSEMBLER, C, CDL, ADA, MODULA-2 für die Systemprogrammierung, COBOL für Ökonomie (Datenfernverarbeitung von Massendaten) und Planung; APT, EXAPT, COMPACT, SYMAP für NCM-Programmierung und VAL, AL, TIPS, RPL, WAVE, MAL, ROBEX für die IR-Programmierung. In der DDR werden für NCM ↑AUTOTECH BOFR 3, -DR 4, -NCM ROTA, -NCM PRISMA und -PRO angewendet. Im RGW entstand das einheitliche System der maschinellen Programmierung ESMP mit z. B. Sprachteilen für die ebene Punkt- und Streckensteuerung sowie die Konturbearbeitung doppelt gekrümmter Flächen.

**Programmiersystem.** Gesamtheit der Elemente Programmiersprache, Verarbeitungs- und Nachverarbeitungsprogramm, die in struktureller und funktioneller Hinsicht in bestimmter Weise miteinander verbunden sind. P. lassen sich durch ihre technologische Leistungsfähigkeit (Erfüllung der notwendigen detaillierten Be-

rechnungen für Arbeitsgänge und Arbeitsstufen) und die geometrische Leistungsfähigkeit (verfügbare geometrische Grundelemente und Umwandlungsmöglichkeiten) charakterisieren. Moderne P. sind durch hohe Auflösung in abgeschlossene bausteinorientierte Teilsysteme, die universell zu aufgabenspezifischen Programmen kombiniert werden können, gekennzeichnet.

NC-P. sind z. B. APT, Compact, EUROAPT, EXAPT, SYMAP.

**Programmierung, interaktive.** Programmierung von NCM im Bildschirmdialog mit der Steuerung. Wichtige Techniken sind die Geometrieverarbeitung z. B. über einfache Pickoperationen (Auszug aus dem Tablettlayout zur Geometriedefinition s. Bild), freiprogrammierbare Makros, Programmsschleifen, bedingte und unbedingte Programmsprünge, indizierte Symbole, arithmetische und trigonometrische Funktionen, Verschieben, Drehen und Spiegeln von Programmabschnitten, Mehrfachverwendung von Konturabschnitten oder geschlossenen Konturen, konturparallele Zerspanung in beliebigem Abstand, Verwendung von Werkzeugdateien.

**Programmierung, manuelle.** Aufstellung eines Programms durch manuelles Übertragen auf einen Datenträger. Arbeits-

schritte sind: Anfertigen der Konstruktionszeichnung, des Arbeitsplans für die Fertigung, der Fertigungszeichnung, des Werkzeugplans, des Programmablaufplans, der Programmertabelle und des

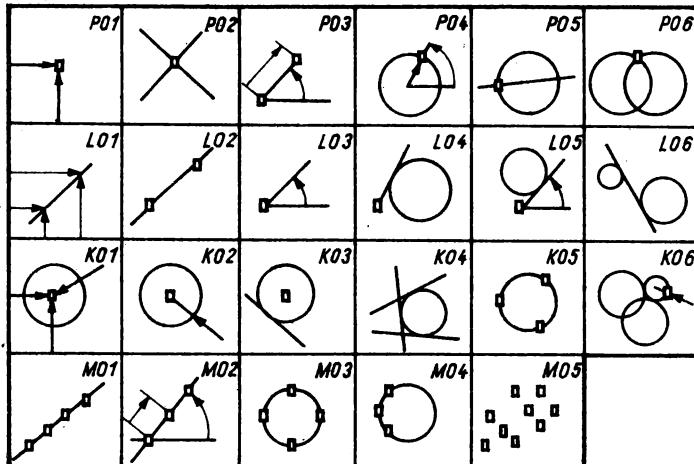
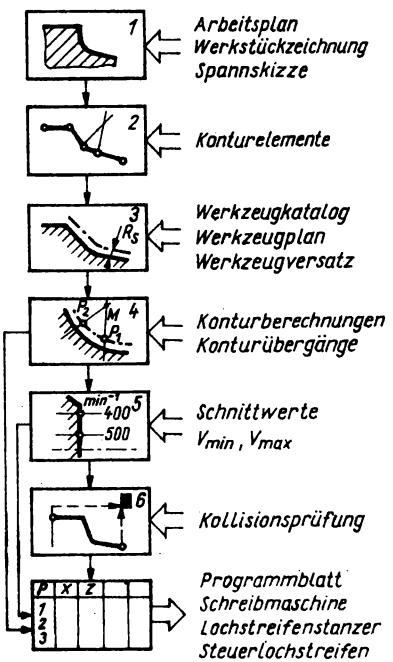


Bild zu Programmierung, interaktive

NC-Steuerlochstreifens (s. Bild). Die m. P. wird vorwiegend für Bohrmaschinen, für einfache Fräsurarbeiten u. ä. eingesetzt. Mit Hilfe von Kleinstrechnern und Simulatoren lässt sich die m. P. erleichtern.

**Programmierung, maschinelle.** Programmierung von NCM unter Nutzung rechen-technischer Hilfsmittel, indem zuerst ein Quellprogramm (Lochstreifen) erstellt wird, das die Beschreibung des Werkstücks in symbolischer Form enthält. Daraus wird rechnergestützt das eigentliche NC-Werkstückprogramm erstellt und gemeinsam mit einer Auflistung der benötigten technologischen Daten für die Werkstückbearbeitung aus einem NC-Steuerlochstreifen ausgegeben.

**Programmkarte.** Hilfsmittel für die Vorkodierung der Schaltinformationen von nockengesteuerten WZM sowie der Schalt- und Weginformationen bei NCM mit Eingabe über z. B. Kugelschrittschaltwerk oder Steckerkarte. Günstig ist, wenn die P. unmittelbar als Programmschablone verwendet werden kann.

**Programmkorrektur, Redigieren, Editing.** Einfügen, Ersetzen oder Ändern einzelner Sätze eines Programms, um dieses zu optimieren oder den tatsächlichen Bearbeitungsbedingungen anzupassen.

**Programmsatz, Satz.** Anzahl von Wörtern, die die Information für eine Arbeitsoperation bilden. Er besteht aus einem Wort oder mehreren.

**Programmsimulator.** Hilfsmittel für die Programmierung von NCM, mit dem alle erforderlichen Bewegungszyklen simuliert und gleichzeitig eine Kontrolle auf Kollision vorgenommen werden kann; mitunter zu einem Digitalisierplatz vereinigt. ↑Simulationsverfahren.

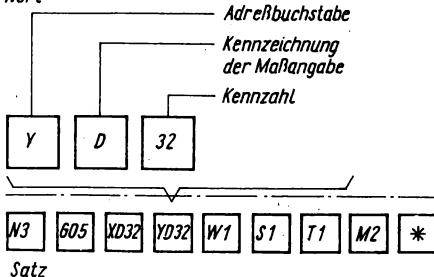
**Programmsteuerung.** Selbsttätige Steuerung, die Bewegungen und Schaltverrichtungen in der richtigen Aufeinanderfolge und Zuordnung auslöst, so daß z. B. ein Bearbeitungsprozeß nach einem bestimmten Programm automatisch abläuft. Hierzu erteilt die P. Schaltbefehle (↑Schaltinformationen), die die Richtung und Größe z. B. von Geschwindigkeiten bestimmen,

und Wegbefehle (↑Weginformationen) für die Größe der zurückzulegenden Wege. Außerdem werden Schaltbefehle für Hilfsverrichtungen abgegeben.

Nach der Anordnung und Funktion lassen sich P. in ↑Zeitplan-, ↑Wegplan- und Führungssteuerungen und nach ihrem technologischen Einsatz in ↑Punkt-, ↑Strecken- und ↑Bahnsteuerungen unterteilen.

**Programmwort, Wort.** Geordnete Folge von Zeichen, die einem Befehl entspricht, z. B. technologische Angabe. Mehrere P. ergeben einen ↑Programmsatz (s. Bild).

**Wort**



**Prozeßautomatisierung.** Automatisierung kontinuierlicher Prozesse, wie sie in der Verfahrensindustrie, der Chemie bzw. in Kraftwerken u. ä. üblich ist.

**Prozeßregelung.** Vorgang in einem abgegrenzten System, bei dem die zu regelnde Größe fortwährend erfaßt, mit dem Sollwert der Führungsgröße verglichen und durch Veränderung der Eingangsgröße diesem angeglichen wird. Durch Automatisierung werden Regelfunktionen, die bisher vorwiegend von Menschen ausgeübt wurden, technischen Mitteln, z. B. dem ↑Prozeßrechner, übertragen.

**Prozeßsimulation, grafische.** Ablauf des eingegebenen Programms grafisch-dynamisch auf einem Bildschirm, z. B. von Rohling spannen bis Maßkontrolle, als trickfilmartige Bildfolge.

**Prozessor** ↑Verarbeitungsprogramm

**Prozeßrechner.** Mit dem technologischen Prozeß gekoppelte, freiprogrammierbare, meist digitale Rechenanlage zur automatischen Erfassung umfangreicher Informa-

tionen (Prozeßmeßwerte, -zustandsmeldungen, Befehle) während des Produktionsablaufs und zur sofortigen Verarbeitung derselben nach vorgegebenen Steueralgorithmen sowie Ausgabe von Informationen (Meldungen, Anzeigen, Steuergrößen) mit dem Ziel der optimalen Steuerung des Prozesses ohne Zwischenschaltung des Menschen. Ein P. kann verschiedenartig mit dem Prozeß gekoppelt sein. Nach der Art der Kopplung und dem Ziel des Einsatzes wird in Informationsrechner, Steuerrechner oder als höchste Stufe des P.-Einsatzes in Optimierungsrechner unterschieden.

**Prozeßsteuerung.** Automatisierter oder automatischer Informationsfluß zur Gewährleistung der objektiven Erfordernisse eines arbeitsteiligen Produktionsprozesses. Sie umfaßt alle Maßnahmen zur Planung, Vorbereitung, Durchführung, Überwachung und Abrechnung des Produktionsprozesses in kurzer Zeit mit dem Ziel eines rationellen Zusammenwirkens von z. B. Arbeitskräften, -mitteln und -gegenständen einschließlich des rationalen Einsatzes der technischen und organisatorischen Mittel sowie der ständigen Verbesserung der Ablauf- und Aufbauorganisation.

#### Prozeßüberwachung ↑Überwachung

**Prüfbit.** Zeichen in einem binären Kodewort, das der Einfachfehlererkennung bei der Informationsübertragung dient. Es ist eine systematisch eingefügte Redundanz, die die Informationsdarstellung nicht beeinflußt. Das P. wird so zugeordnet, daß sich als Quersumme stets eine ungerade 1-Stellen-Zahl ergibt. ↑Paritätskontrolle.

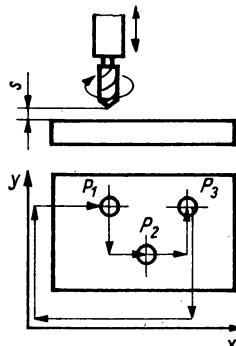
**PS.** Abk. für Produktionsplansteuerung.

**PTP (point-to-point [control]).** ↑Punktsteuerung

**Puffer.** Werkstückspeicher bzw. -vorräte innerhalb von Maschinenfließreihen oder Montagelinien, die nachteilige Folgen von partiellen Störungen und schwankenden Mengenleistungen auf übrige Stationen einer Linie vermeiden oder abschwächen. Der erhöhten zeitlichen Auslastung stehen jedoch puffergrößenabhängige Mehrauf-

wände gegenüber, so daß eine kostenorientierte Optimierung nötig ist.

**Punktsteuerung,** Einpunktsteuerung. Steuerung, bei der der Endpunkt einer Bewegung, nicht aber die Bahn beim Verfahren vorgeschrieben ist. Verstellbewegungen können in mehreren Achsen gleichzeitig oder nacheinander erfolgen. Das Einfahren in die Zielposition erfolgt gewöhnlich in Geschwindigkeitsstufen, z. B. Ein-, Fein-, Schleichgang. Erst nach Erreichen des Zielpunktes wird eine Arbeitsoperation ausgeführt (s. Bild). Typische Anwendungen sind Koordinatenbohr-, Punktschweiß-, Schraubmaschinen u. a.

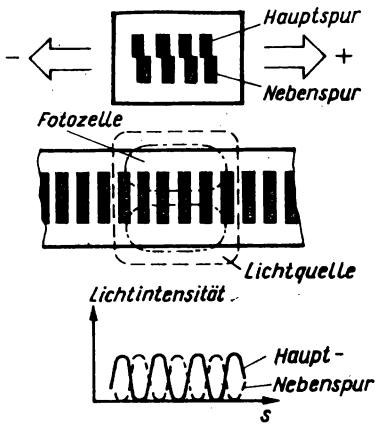


**Punkt-Strecken-Steuerung.** Kombination von ↑Punktsteuerung und ↑Streckensteuerung bei NCM, wobei meist eine Achse punktgesteuert ist, z. B. die z-Achse bei Fräsmaschinen, während die anderen Achsen streckensteuert sind.

**Punkt-zu-Punkt-Steuerung.** Wegbedingung, die das Anfahren eines programmierten Punktes mit größtmöglicher Geschwindigkeit, z. B. Eilgang, bewirkt und dabei vorher programmierte Vorschubgeschwindigkeiten ignoriert.

**Quellprogramm.** Programmtext, der von einem Programmierer in einer höheren Programmier- oder Assemblersprache z. B. für eine Fertigungsaufgabe aufgestellt wurde.

**Rastermaßstab.** Strichmaßstab, bei dem Strichdicke gleich Lückenabstand ist; inkrementales ↑Wegmesssystem (s. Bild).



Über den Maßstab gleitet ein Läufer mit gleicher Teilung, aber mit 2 um 90° phasenverschobenen Rastern. Maßstab und Läufer können z. B. von einem Lichtbündel durchdrungen und die Lichtintensität sowohl der Hauptspur als auch der phasenverschobenen Nebenspur gemessen und in elektrische Werte umgesetzt werden. Bei Bewegung des Läufers längs des Maßstabs entsteht über eine Fotodiode ein sinusähnliches Signal, das elektronisch in ein Rechtecksignal umgewandelt wird. Trifft der Nulldurchgang der Nebenspur zeitlich früher oder später ein als der Nulldurchgang der Hauptspur, so wird der Vorwärts-Rückwärts-Zähler jeweils um eine Einheit verändert.

#### Rechnerdirektsteuerung $\uparrow$ DNC-System

**rechnergestützt.** Bestimmte Art und Weise, in der ein Rechner in einem Mensch-Maschine-System zur Wirkung gebracht wird, wobei der Mensch die schöpferischen und die Maschine die algorithmierbaren Schritte der Informationsverarbeitung ausführt. Vgl.  $\uparrow$ CAD/CAM-System.

#### Rechnersteuerung $\uparrow$ CNC-System

**Rechteckzyklensteuerung.** Andere Bezeichnung für eine einfache  $\uparrow$ Streckensteuerung.

**Redigieren**  $\uparrow$ Editor,  $\uparrow$ Programmkorrektur

**Redundanz.** Funktionsbereites Vorhandensein von mehr als für die vorgesehene

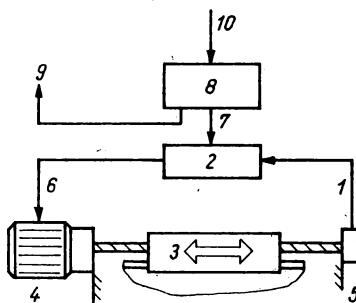
Funktion notwendigen technischen Mitteln. Vgl.  $\uparrow$ Prüfbet.

**Referenzpunkt.** Bei NCM mit inkrementaler Wegmessung ein maschinenfester Punkt, ein Bezugspunkt, an dessen Stelle die Zähler der Wegmeßsysteme durch einen zusätzlichen Signalgeber auf den Stand Null gesetzt werden. Auf den R. bezieht sich der gesamte weitere Programmablauf. Er hat einen genau berechenbaren Abstand vom Maschinennullpunkt ( $\uparrow$ Maschinenkoordinatensystem).

**Referenzpunkt anfahren.** Durch das Programm oder über das Bedientableau aktiverter Vorgang bei Inbetriebnahme einer NCM mit inkrementaler Wegmessung zum Anfahren des  $\uparrow$ Referenzpunktes. R. a. entspricht der Eichung des Wegmeßsystems.

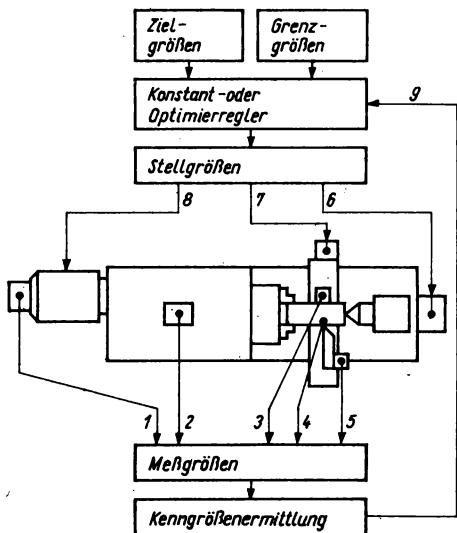
**Regalbediengerät.** Schienenverfahrbare (flurverfahrbar oder hängend) Fördergerät zum Bedienen von Regalanlagen über die normale Griffhöhe hinaus mit einem den technologischen Erfordernissen angepaßten Lastaufnahmemittel auf einem an einer Säule vertikal beweglichen Hubwagen zum Umschlagen von Lagerungseinheiten ohne oder mit Lagerungshilfsmitteln. Nach der Zielvorgabe durch einen Rechner oder manuell erfolgt die automatische Zielanfahrt.

**Regelkreis.** Steuerung mit Rückführung des Istwerts 1. Der Wirkungsweg ist geschlossen. Die Ausgangsgröße wird gemessen und von einem  $\uparrow$ Vergleicher 2 mit der Eingangsgröße verglichen (s. Bild). In einem Proportional-R. ist das Fehlersignal dem Sollwert-Istwert-Unterschied proportional. Bei einem  $\uparrow$ Abschalt-



kreis ist das Fehlersignal konstant. Beim Erreichen der Zielposition wird der Schlitzen 3 ausgeschaltet. Außerdem bedeuten: 4 Antrieb; 5 Wegmeßsystem; 6 Stellsignal; 7 Sollwertvorgabe; 8 Eingabestelle; 9 Schaltinformation; 10 Arbeitsinformation.

**Regelung, adaptive, AC.** Regelung eines Systems, bei der ein Regelalgorithmus dafür sorgt, daß sich bei veränderten Eingangsgrößen der gewünschte Zustand des Systems, z. B. geringste Fertigungskosten ( $\uparrow$  Optimierregelung) oder automatische Schnittaufteilung ( $\uparrow$  Grenzwertregelung), von selbst einstellt. Voraussetzung sind WZM mit stufenlos stellbaren Vorschubantrieben und der Einbau entsprechender Sensoren (s. Bild). Es bedeuten: 1 Leistung; 2 Drehmoment; 3 Zerspankraft; 4 Werkzeugverschleif; 5 Werkstückabmaße; 6 Weg, Vorschubgeschwindigkeit, z-Achse; 7 Weg, Vorschubgeschwindigkeit, x-Achse; 8 Drehzahl; 9 Regelgrößen.



**Reihenabtastung, -ablesung** ↑ Serienabtastung

### **Reihenverkettung ↑ Verkettung**

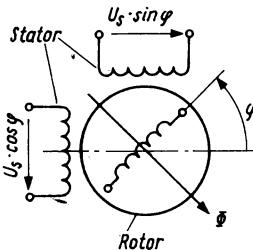
**Relativmefßverfahren** ↑ Inkrementalmefßverfahren

**Repetiersteuerung.** Steuerung für einen Automaten, der einen Arbeitszyklus

selbsttätig und beliebig oft wiederholt, indem die Arbeitsinformationen während eines 1. handbedienten Werkstückdurchlaufs in einen Informationsspeicher kurzer Zugriffszeit aufgenommen werden.

**Resolver.** Sonderbauart eines zweiphasigen Drehmeters (s. Bild), der als absolut bzw. zyklisch-absolut arbeitendes Wegmeßsystem verwendet wird.

Der R. besteht aus Stator, Rotor und einem Kollektor oder Transformator zur Abnahme der Rotorspannung und dem Gehäuse. Werden den Statorwicklungen 2 um  $90^\circ$  elektrisch phasenverschobene Sinusspannungen mit gleicher Amplitude und einer Frequenz bis etwa 5 kHz zugeführt, so wird im Rotor eine Spannung induziert, deren Phasenlage proportional dem Drehwinkel  $\varphi$  des Rotors ist und ausgewertet werden kann (Phasensteuerungsverfahren). Die lineare Bauform des R. ist das Inductosyn.



**Revolverdrehautomat.** Kurvengesteuerter Drehautomat mit einer Arbeitsspindel, bei dem die benötigten Werkzeuge in einem schaltbaren Revolverkopf untergebracht sind. Mit Werkzeugen, die sich auf ebenfalls kurvengesteuerten Seitenschlitten befinden, lassen sich weitere Operationen, z. B. Abstechen ausführen. Für jedes Werkstück sind meist andere Steuerkurven erforderlich.

**Revolverkopf.** Drehbares Magazin für Werkzeuge, auch für Greifer bei IR. Die eingespannten Werkzeuge werden nacheinander in Arbeitsstellung gebracht. Beim Trommel-R. liegt die Drehachse des Magazins parallel zur Werkstückachse; beim Stern-R. steht sie senkrecht dazu.

**Richtungsdiskriminator.** Einrichtung zum Erkennen der Zählrichtung aus der Pha-

senverschiebung von Zählimpulsfolgen. Vgl. ↑Inkrementalgeber, rotatorischer.

**RID** (rechnerinterne Darstellung)

**RIM.** Abk. für rechnerinternes Modell.

**Ringtischmaschine.** Sondermaschine in der Art einer Rundschalttischmaschine, wobei aber der Tisch ringförmig ausgebildet ist, so daß ein freier Innenraum entsteht. Dieser kann für den Einbau von Arbeitseinheiten genutzt werden. Hieraus ergibt sich gegenüber anderen Schalttischmaschinen eine zusätzliche Bearbeitungsrichtung.

**Roboter.** Technisches System, heute oft mit sensorischen und adaptiven Eigenschaften, zur automatischen Ausführung von Tätigkeiten. Für Einsatzzwecke in der Industrie werden sie als ↑Industrieroboter konzipiert und bezeichnet.

**Rohteil.** Ein zur Herstellung eines bestimmten Gegenstands spanlos gefertigtes Teil, das noch der Bearbeitung bedarf, z. B. Guß-, Schmiede-, Preßteile.

**Rotorautomat.** Bauform eines Automaten, bei dem sich Werkstücke und Werkzeuge ständig gleichmäßig bewegen, ohne dabei ihre Achsen zueinander zu verändern. Der R. besteht aus Zubringer- bzw. Weitergaberotoren und den Arbeitsrotoren, auf denen je Umlauf meist nur ein Arbeitsgang ausgeführt wird. Ein R. ist deshalb immer eine feste Verkettung mehrerer Rotoren. R. werden z. B. für Umform-, Schneid- und Fügearbeiten bei sehr hohen Stückzahlen eingesetzt.

**Rückführbahn.** An Montage- und Bearbeitungslinien ein Förderweg für den automatischen Rücklauf von Werkstückträgern vom Ende der Straße (Entspannstation) zum Anfang (Spannstation). R. können unter, hinter, über den Maschinen und besonders günstig dahinter und oben angeordnet werden. Zur Verbindung mit der Taktstraße sind deshalb Querförder-, Hub- oder Schrägaufzugseinheiten nötig.

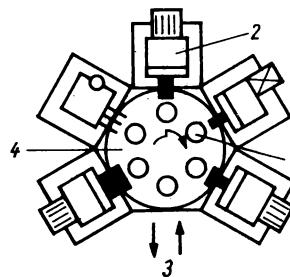
**Rücklaufspeicher** ↑Durchlaufspeicher

**Rückwärtzähler.** Zähler, bei dem der Sollwert durch Voreinstellen der entsprechenden Impulsanzahl über die Satzeingänge

gespeichert wird. Zählimpulse, z. B. von einem Wegmesssystem, stellen den Zähler je Impuls um einen Schritt zurück. Bei Erreichen des Wertes 0 in allen Binärstellen wird ein Koinzidenzsignal ausgegeben.

**Rundinductosyn** ↑Inductosyn

**Rundschalttischmaschine.** Sondermaschine, bei der die Werkstücke, vorzugsweise kleine Teile, mit Werkstückträgern 1 (Spannvorrichtungen) auf einer Rundschalttischscheibe 4 den einzelnen Bearbeitungsstationen 2 zugeführt werden (s. Bild). Alle Arbeitsoperationen werden gleichzeitig ausgeführt, wobei das Beschicken und Ausgeben 3 in die Bearbeitungszeit fällt. Die Taktzeit, minimal etwa 1 s, wird durch die Dauer des längsten Arbeitsgangs bestimmt. Die Werkstücke können meist von 2 Seiten (vertikal und horizontal) bearbeitet werden. R. sind in ihrer Stationenzahl begrenzt, da der Schalttischdurchmesser nicht beliebig groß ausgeführt werden kann. Als Schaltmechanismen werden Malteserkreuze, Schrittcurven, Zahnstange/Ritzel und Schaltkliniken verwendet.



**Satz** ↑Programmsatz

**Satznummer.** Kennzeichnung einzelner (Bearbeitungs-)Schritte in einem Programm durch Nummern.

**Satznummernanzeige.** Anzeige der ↑Satznummer, zur Kenntlichmachung des Teiles der Bearbeitung bzw. des Programms, der gerade ausgeführt wird.

**Satznummervorwahl** ↑Satzsuchlauf

**Satzsuchlauf,** Satzvorwahl. Suchlauf, d. h. Vor- bzw. Rücklauf eines Programms, bei dem der Leser an einer von Hand vorein-

gestellten Satznummer gestoppt wird. Vgl. ↑Hauptsatzvorwahl.

**Satzunterdrückung.** Wahlweises Überlesen (Ausblenden) von Sätzen, die durch S-Zeichen kenntlich gemacht wurden.

**Scanning.** Abtasten von Formen und anschließendes Speichern der Daten (digitizing) auf Datenträgern, z. B. Magnetband oder Diskette, zum Zweck des Kopierfrässens.

**Schaltinformation.** Information, die über Schaltvorgänge und deren logische Verknüpfungen unmittelbar in den Energiefluß einer automatisierten Maschine eingreifen. Sie dient zum Schalten von Drehzahlen, Vorschüben, Eilbewegungen, Kühlmittelzufuhr, Werkzeugwechsel, Richtungsänderungen usw. und wird in der inneren Datenverarbeitung zur Abarbeitung zwischengespeichert.

**Schaltkreis.** Vernetzung von Bauelementen (Bauelementenfunktionen) zur Realisierung einer elektronischen Schaltung. Sie werden nach einheitlicher mikroelektronischer Technologie hergestellt und unterscheiden sich in integrierte analoge und digitale S. Bei den letzteren haben die Mikroprozessoren, Halbleiterspeicher, Multiplexer, Kodeumsetzer, Zähler, Register, Rechenschaltungen usw. große Bedeutung für die fertigungstechnische Automatisierung.

**Scheibenspeicher** ↑Werkstückspeicher

**Schieberegister.** Hintereinanderschaltung von Speicherzellen derart, daß bei einem Verschiebeimpuls die Information im gesamten Speicher um eine Zelle verschoben wird.

**Schleifefahren.** Bei NC-Punktsteuerungen das Anfahren von Positionen aus stets gleicher Richtung (Unterprogramm), um Ungenauigkeiten, z. B. durch Getriebespiel bei indirekt angekoppelten Wegmeßsystemen, auszuschalten.

**Schleppabstand, -fehler.** Regeldifferenz, die zwangsläufig bei Folgeregelkreisen durch Nacheilen des Lage-Istwerts (Regelgröße) gegenüber dem Lage-Sollwert (Führungsgröße) entsteht.

**Schneidenüberwachung** ↑Werkzeugüberwachung

**Schnellhalt.** Anfahren einer Position in einem erweiterten Toleranzfeld um Positionierzeit einzusparen, wobei ein Überfahren oder Verfehlen der Bahn in Kauf genommen wird.

**Schnittaufteilung, automatische.** Verfahren, das bei Einrichtungen mit adaptiver Regelung angewendet wird. Die a. S. ist in der Zerspanungstechnik für die Bearbeitung von Rohlingen mit unterschiedlichen Anfangsabmessungen von Bedeutung. Anschlittbedingungen mit großen Spanvolumen werden so eingestellt, daß mit minimaler Zahl der Schnitte der Sollwert erreicht wird. Die a. S. vereinfacht die Programmierung.

**Schnittstelle.** Vereinheitlichte Vorschriften, logische, schaltungstechnische und konstruktive Bedingungen für die Zusammenschaltung informationsverarbeitender Systeme.

**Schnittwertermittlung, automatische.** Baustein eines NC-Programmiersystems, der technologisch gesicherte Zerspandaten erzeugt, die die Restriktionen von Werkstück, Werkstoff-Schneidstoff-Kombinationen, NCM und Werkzeug berücksichtigen; insbesondere bei der Fräsbearbeitung eingesetzt.

**Schraubenlinieninterpolation,** Helixinterpolation. Kreisinterpolation in einer Ebene, der gleichzeitig eine lineare Interpolation senkrecht aus dieser Ebene heraus überlagert ist.

**Schrittmotor.** Mehrpoliger Elektromotor, der mit Impulsen oder daraus abgeleiteten Signalkombinationen gespeist wird und dessen Läufer diese Impulse in Winkelschritte umsetzt. Es gibt auch Linear-S.

**Schrittschaltwerk.** In automatischen Steuerungen ein meist elektromechanisches Gerät, daß auf ein Signal hin einen Eingangskanal schrittweise auf eine vorgegebene Anzahl von Ausgangskanälen bzw. umgekehrt schaltet.

**Semantik.** Regeln und Konventionen, nach denen die Konstruktionen einer Sprache

interpretiert werden und ihnen eine Bedeutung zugeordnet wird.

**Sensor.** Gesamtheit aller Funktionseinheiten, die eine gewünschte (nichtelektrische) Information aus einem Prozeß aufnehmen und der i. allg. elektrischen Informationsverarbeitung zugänglich machen. Meßbar sind z. B. Temperatur, Druck, Feuchte, Längen und Winkel, Kraft, Drehmomente, stoffliche Zusammensetzungen von Gasen und Flüssigkeiten.

Die S. werden zu intelligenten Funktionseinheiten, wenn das ↑Sensorelement mit einer mikroelektronischen Verarbeitungseinheit, z. B. einem Mikroprozessor, gekoppelt und so das S.-Signal bereits vorverarbeitet wird.

S. lassen sich in taktile, fluidische, radiometrische, kapazitive, induktive, magnetische, akustische und optische S. einteilen.

**Sensorelement.** Wandlungsglied, daß eine nichtelektrische in eine elektrisch verwertbare Größe umwandelt, z. B. Piezowiderstand, Photodiode, -element.

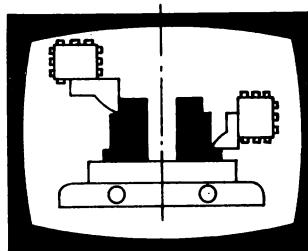
**Serienabtastung**, -ablesung. Lesen in einer Zeile gleichzeitig und zeilenweise nacheinander sowie Abspeichern aller Zeichen eines Satzes in einem Zwischenspeicher bei Lochband-Adressensystemen. Satzlänge und Reihenfolge der Wörter können variabel sein. Im 1. Satz müssen alle notwendigen Weg- und Schaltinformationen eingeschrieben sein (↑Hauptsatz). Für die weiteren Sätze sind nur solche Informationen erforderlich, die gegenüber dem vorher programmierten Zustand eine Veränderung bewirken sollen. Vgl. ↑Blockabtastung.

**Servomotor.** Mit Hilfe eines Elektromotors gebildete Folgeregelung, die eine Eingangsspannung in eine proportionale Winkel- oder Translationsstellung umsetzt.

**Sicherheitsabstand.** Abstand zwischen Werkzeug und Werkstück im Moment des Umschaltens von Eilgang auf Vorschubgeschwindigkeit, um Werkzeugbruch zu verhindern.

**Simulationsverfahren.** Erstellung einer Zustandsgeschichte eines realen Systems mit Hilfe eines formalen Systems (Modell).

Meist wird der Fertigungsablauf als zeitdiskretes Modell abgebildet. S. für zeitdiskrete Systeme lassen sich in systemorientierte Verfahren, allgemeingültige Simulationsmodule, Simulationssprachen und parametrisierte S. gliedern. S. werden verwendet, um z. B. komplexe Materialflusssysteme und Mehrmaschinenarbeit zu untersuchen. Ein Beispiel für die Echtzeitssimulation für einen 2-Support-Drehautomaten auf einem Bildschirm wird im Bild gezeigt.



**Simultanbewegung.** Gleichzeitige Bewegung in mehreren Achsen.

**Softkey.** Bildschirm geführte unbeschriftete Funktionstasten zur Bedienerführung an einer Steuerung, wobei jeder Taste eindeutig eine alphanumerische Anzeigzeile zugeordnet ist, in der die Funktion angezeigt wird, die der Taste momentan zugeordnet ist.

**Software.** Gesamtheit der Programme für die Nutzung informationsverarbeitender Technik sowie Methoden, Verfahren und Hilfsmittel zu deren Entwicklung und Nutzung, z. B. Programmsprachen, S.-Technologien, Programmdokumentationen (Betriebssysteme, Compiler, Dienstprogramme). Systemorientierte S. organisiert den Arbeitsablauf innerhalb z. B. eines Rechners und unterstützt dessen Bedienung; problemorientierte S. realisiert die Anwenderslösungen. S. existiert materiell auf z. B. Lochstreifen, Magnetbändern, Disketten oder in Halbleiterspeichern. S. ist für die Steuerung und Durchführung automatisierter Prozesse der verschiedensten Art unabdingbar nötig. Wertmäßig steigt der Anteil der S. gegenüber der ↑Hardware immer mehr an.

**Softwareendschalter.** Programmtechnische Überwachung von Bewegungsachsen an einer NCM bezüglich ihres Bewegungsbereichs. Bei der Bahnsteuerung CNC 600 sind z. B. 2 S. je Achse für Halt und 2 je Achse für die Geschwindigkeitsreduzierung vorgesehen.

**Sondermaschine.** In Baukastenbauweise aus Grundbauelementen, Baugruppen und -einheiten hergestellte automatisierte Fertigungseinrichtung mit einer oder mit mehreren Bearbeitungsstationen für die Massen- und Großserienfertigung eines bestimmten Werkstücks oder einer Werkstückgruppe. Sie wird über die Kombination der Elemente und Baugruppen der speziellen Aufgabe angepaßt und ist meist nur in geringen Grenzen flexibel. Gewöhnlich ist eine größere Zahl von Werkzeugen gleichzeitig im Einsatz.

Die Steuerung kann als feste Programmsteuerung, aber auch programmierbare bzw. NC-Steuerung ausgeführt sein. S. können für rotationssymmetrische, prismatische und figurelle Werkstücke aufgebaut sein. Nach der Bauform (s. Bild) wird unterschieden nach der Anzahl der möglichen Bearbeitungsrichtungen, -stationen und der Art der Werkstückweitergabe.

**Spanformgebung, automatisierungsgerechte.** Erzeugung solcher Spanformen durch richtige Wahl der Arbeitsbedingungen, wie günstige Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe, Spanformstufen, gleichmäßig spanbare Werkstoffe u. a., die ein sicheres Beseitigen der Späne ohne manuellen Eingriff während eines automatischen Arbeitsablaufs garantieren. Günstig sind kurze zylindrische Wendelspäne, Spiralwendel- und Spiralspäne.

**Spannmaschine.** Flexibler Werkstückspanner, bei dem die Bestimm- und Spannelemente werkstückunabhängig ausgebildet sind und der rechnergesteuert nach der vom jeweiligen Werkstück vorgegebenen Position eingestellt wird. Unterschiedliche Spannbilder können dadurch erzeugt werden, daß z. B. voneinander unabhängig drehbare Nebenrevolver der Drehung des Hauptrevolvers überlagert werden. NC-S. entsprechen den Forderungen nach flexi-

### Sondermaschinen Bauformen

#### Maschinen mit einer Station



Einwegmaschine    Zweiwegmaschine



Dreiwegmaschine

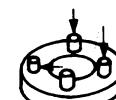
#### Maschinen mit mehreren Stationen



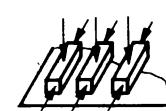
Rundschalttisch-  
maschine



schiebetisch-  
maschine



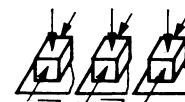
Ringschalttisch-  
maschine



Transfer-  
maschine



Schalttrommel-  
maschine



Transferstraße

### Sonderbauformen

#### Bild zu Sondermaschine

bler automatischer Spannung, erfordern aber einen sehr hohen technischen Aufwand.

**Speicherplatzkodierung.** In der NC-Technik eine Form der Kennzeichnung von Plätzen im Werkzeug- oder Werkstückspeicher. Die S. kann aus Bitkombinationen

bestehen, die den geometrischen Ort repräsentieren oder einer dem Speicherplatz zugeordneten Nummer entsprechen. Der ankommende Befehl wird z. B. von der Werkzeugwechselsteuerung entschlüsselt und mit der momentanen Lage des Speichers verglichen. Der Vergleich ergibt die Richtung und Entfernung zum geforderten Platz.

**Spezialmaschine.** WZM mit automatisiertem Prozeßablauf, meist für die Massen- oder Großserienfertigung, die für ein spezielles Werkstück konstruiert und gebaut ist. Sie ist sehr effektiv, aber hinsichtlich Arbeitsablauf, Werkstückform und Arbeitsgenauigkeit kaum zu verändern. S. werden oft vom Nutzer selbst entwickelt und hergestellt.

**Spiegelung.** In der NC-Technik ein Unterprogramm, daß das Vertauschen von Achsen realisiert.

**SPS** (speicherprogrammierbare Steuerung)  
↑Steuerung, speicherprogrammierbare

**Stangenzuführleinrichtung.** Einrichtung an z. B. Kaltkreissägen, Drehautomaten, zum automatischen Zuführen von Stangen. Diese rollen durch Schwerkraft nach, werden mechanisch zugeteilt und durch z. B. Schieber zur Spannstelle vorgeschoben. Wenn das gespannte Stangenende fertigbearbeitet ist, wird es als Werkstück abgetrennt. Reststücke werden automatisch ausgeworfen.

**Stapelbetrieb.** Betriebsform in der elektronischen Datenverarbeitung, bei der die Aufträge vollständig gesammelt (gestapelt) und dann in der Reihenfolge der Prioritäten verarbeitet werden.

**Starkstromteil.** In der NC-Technik eine Funktionsgruppe, die der Leistungsverstärkung, der Anpassung der Schaltgeschwindigkeit, ggf. der Regelanpassung und galvanischen Trennung von Maschinen und Steuerung dient. Unvereinbare Maschinenfunktionen werden gegenseitig verriegelt.

**Stellantrieb.** Antriebeinheit, die Steuer-Signale in mechanische Bewegungen umformt. Der S. ist der motorische Antrieb für das Stellglied.

**Steuerkette.** ↑Steuerung mit offenem Wirkungsweg, bei der keine Rückführung von Istwerten, z. B. Wege und Geschwindigkeiten, und deshalb auch kein Sollwert-Istwert-Vergleich stattfindet. Als Antriebe an NCM, die in einer S. betrieben werden, können z. B. elektrohydraulische oder elektrische Schrittmotoren eingesetzt werden.

**Steuerprogramm,** Werkstückprogramm. Vollständige Folge von Sätzen, die den Ablauf eines Bearbeitungsvorgangs beschreibt und von der NC in die erforderlichen Befehle an die NCM umgesetzt wird.

**Steuerung.** Einrichtung, die in Maschinen, Geräten und Anlagen physikalische oder technische Werte aufgrund installierter Gesetzmäßigkeiten in gewünschter Weise beeinflußt. Die S. kann aus einer oder mehreren ↑Steuerketten bestehen, ↑Regelkreise beinhalten oder ein ↑Abschaltkreis sein. Vgl. ↑Punkt-S., ↑Strecken-S., ↑Bahn-S., ↑Kurven-S., ↑Zeitplan-S., ↑Wegplan-S.

**Steuerung, elektrische.** ↑Steuerung, bei der mit elektrischen Schaltgeräten und Schaltungen, die aus dem Netz entnommene elektrische Antriebsenergie nach Informationen aus einem Programmspeicher oder durch manuelle Vorgabe an Stellglieder geleitet wird.

**Steuerung, elektrohydraulische.** ↑Steuerung, bei der elektrische und hydraulische Geräte (Elektrohydraulik) unmittelbar miteinander verbunden sind. Geräte sind z. B. elektromagnetisch betätigte Wegeventile, ein- oder mehrstufige hydraulische Verstärker, elektrohydraulische Druckschalter. Vorteilhaft ist, daß mit sehr geringen Eingangsleistungen sehr große Ausgangsleistungen erreichbar sind.

**Steuerung, festverdrahtete.** ↑Steuerung, bei der eine bestimmte Menge von Steuerungsaufgaben durch feste Zusammenschaltung von Bauelementen realisiert wird.

**Steuerung, pneumatische.** Steuerung auf der Basis pneumatischer Logikelemente, z. B. Dreloba-System. Nachteilig ist die geringe Signalübertragungs- und -verarbeitungsgeschwindigkeit, vorteilhaft das

günstige Preis-Leistungs-Verhältnis und die Explosionssicherheit.

**Steuerung, programmierbare, PC.** Festprogrammsteuerung oder Steuerung in speicherprogrammierbarer Ausführung. Häufig werden p. S., die industriell gefertigt werden, durch zusätzliche Entwicklung von Programmen, Schaltungen usw. für spezielle Anwendungen zugeschnitten. Kern moderner p. S. ist ein Mikrorechner.

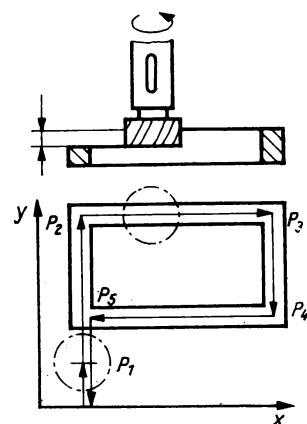
**Steuerung, speicherprogrammierbare, SPS.** Steuerung, bei der die innere Informationsverarbeitung programmtechnisch realisiert wird. Die Programmabarbeitung erfolgt mittels elektronischer Schaltungen, deren Bestandteile bezüglich der Steuerungsfunktionen, die in einem Speicher enthalten sind, einen problemneutralen Aufbau besitzen.

**Stick-slip.** Ruckgleiten von Schlitten und Drehtischen bei sehr langsam Bewegungen, infolge ruckartigen Wechsels zwischen Haft- und Gleitreibung unter dem Einfluß elastischer Verformungen.

**Störgröße.** Größe, die in ungewollter Weise in den Signalflussweg eingreift und Steuer- oder Regelvorgänge beeinträchtigt.

**Störungsspeicher** ↑Werkstückspeicher

**Streckensteuerung.** NC-Steuerung, bei der die Bewegung eines Maschinenschlittens parallel zu den Maschinenachsen erfolgt.



Das Werkzeug befindet sich während der Bewegung (Arbeitsvorschub) im Eingriff (s. Bild). Die Bewegungen erfolgen in den einzelnen Achsen jeweils nacheinander zwischen 2 definierten Punkten (einer Strecke). S. werden meist mit einem ↑Abschaltkreis realisiert. Bei einer erweiterten S. sind auch Bewegungen in einer zur Maschinenachse geneigten Strecke möglich. Die S. wird hauptsächlich an Dreh-, Schleif- und Fräsmaschinen sowie an Bearbeitungszentren eingesetzt.

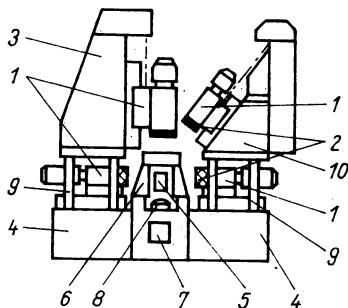
**Strichkode.** Kombination von dunklen Strichen (Balken) in z. B. 4 Breiten und definierten Abständen zur Kodierung von Informationen. Das Lesen erfolgt optisch mit elektronischen Abtastgeräten, z. B. Scannern.

**Suchschrittverfahren.** Methode zur ↑Interpolation, bei der von der impliziten Darstellung der Funktionen, z. B.  $F(x, y) = 0$ , ausgegangen wird. Für  $F(x, y) > 0$  befindet sich der Punkt  $(x, y)$  oberhalb der Kurve, für  $F(x, y) < 0$  unterhalb. Voraussetzung ist, daß die Kurve im betrachteten Intervall AE keine achsparallele Tangente besitzt. Das Verfahren wird so gesteuert, daß in Punkt A zunächst mit einem Schritt in x-Richtung begonnen wird. Die Abfrage  $F(x, y) \geq 0?$  liefert dann die Entscheidung über den nächsten Schritt, der wiederum eine ganze Einheit vollzogen wird.

**Syntax.** Regeln zur Bildung erlaubter Konstruktionen, z. B. Symbolketten, in einer Programmiersprache ohne Rücksicht auf ihre Bedeutung.

**Tabulatorschreibweise.** Schreibweise für NC-Programme, bei der jedes Wort durch ein Tabulatorzeichen vom vorangegangenen getrennt ist, z. B. 003 TAB TAB 01 TAB 028 53 TAB 00202 TAB ... Das Einzelwort wird durch seine Stellung im Satz identifiziert. Dazu zählt die NC die TAB-Zeichen mit und leitet die folgende Information in die entsprechenden Speicher. Die Wortfolge ist somit vorgegeben. Bei austauschbarer Schreibweise mit variabler Satzlänge lautet das Beispiel N 003 TAB TAB X 02853 TAB Y 00202 ...

**Taktstraße.** Maschinenfließreihe zur automatischen Fertigung, bei der eine Weitergabeeinrichtung die aus Baueinheiten aufgebauten Bearbeitungsstationen in vorgegebener Reihenfolge fest verkettet. Der technologische Ablauf ist so in Bearbeitungsschritte aufgelöst, daß an jeder Station möglichst gleiche Bearbeitungszeiten anfallen. Die Werkzeuge sind für spezielle Bearbeitungen ausgelegt, wodurch eine große Effektivität und Qualität in der Massen- und Großserienfertigung erreicht wird. Die Werkstücke können mit oder ohne Werkstückträger die T. durchlaufen. Erst wenn an allen Stationen die vorgesehenen Operationen ausgeführt sind, rücken alle Werkstücke in einem Weitergabezyklus um den gleichen Betrag zum nächsten Platz. Programmsteuerungen und mechanische Einrichtungen realisieren die erforderlichen Zyklen. Durch externe Vorausberechnung (Werkzeugstandzeit, Einsatzzeit) ist der Werkzeugtauschzeitpunkt festgelegt. Einen Schnitt durch eine T. zeigt das Bild. Es bedeuten: 1 Schlitteneinheit; 2 Bohrkopf; 3 Oberständner; 4 Seitenständner; 5 Werkstück; 6 Werkzeugführung; 7 Spänetransport; 8 Taktstange; 9 Säulengestell; 10 Schrägkonsole.



**Taktzeit.** Bei Schalttischmaschinen und Taktstraßen die Zeit zwischen dem Ausstoß zweier Werkstücke. Die T. setzt sich aus der Verweilzeit und der Schaltzeit zusammen. Technologische Operationen lassen sich meist nur in der Verweilzeit (auf der jeweiligen Arbeitsstation) ausführen. Das Weitergeben der Teile zur nächsten Position geschieht in der Schaltzeit.

**Teach-in-Programmierung.** Programmierverfahren, bei dem Arbeitsorgane oder Schlitten durch Bedienhandlungen am Bedientableau der Steuerung oder durch direktes Führen verfahren werden, wobei die für die Bewegungssteuerung notwendigen Weg- und Winkelinformationen (Maschinenpositionen) festgestellt und gespeichert werden. Sie werden später in Automatikbetriebsarten als Sollwerte verwendet. Die T. wird vor allem zum Programmieren von IR, insbesondere solcher für das Farbspritzen und Lichtbogen-schweißen verwendet.

**Technologenarbeitsplatz.** Arbeitsplatz für die rechnerunterstützte technologische Vorbereitung der Produktion. Aufgabengruppen sind z. B. die Ausarbeitung von Technologien, die NC-Programmierung, Änderungsdienst zur Datenbank der technischen Stammdaten des Zentralrechners, Abrechnung technisch-organisatorischer Maßnahmen oder Kalkulationen, Simulation von Arbeitsabläufen. Zielfunktionen sind z. B. hohe Flexibilität, kurze Durchlaufzeit, geringe Bestände, niedrige Fehlerquote.

**technologische Einheit, TE.** Verknüpfung von Maschine und Werkstückbereitstellung über eine Handhabetechnik, wobei der Werkstückwechsel gewöhnlich automatisch abläuft.

**technologische Information.** In der NC-Technik die Menge aller Daten zur Erfüllung einer Fertigungsaufgabe, die zusätzlich zu den geometrischen Informationen Bestandteil des Arbeitsprogramms sind. Zu den t. I. gehören u. a. Werkzeugart, Spindeldrehzahlen, Vorschübe, Maschinenhilfsfunktionen.

**technologischer Prozeß.** Gesamtheit notwendiger Operationen an Arbeitsgegenständen, um Änderungen der Form, der Maße, der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Werkstoffe u. ä. zu bewirken. Zur Arbeitsdurchführung ist der t. P. weiter in Arbeitsgänge, -stufen, Griffe, Griffelemente und Bewegungen gegliedert. ↑Fertigungsprozeß, ↑Produktionsprozeß.

**Terminal.** Dezentrale periphere Eingabe- und Ausabeeinrichtung für Daten (Daten-

endplatz), die zur Umsetzung von einer Datenverarbeitungsanlage ausgegebenen Daten auf bestimmte Datenträger, z. B. Lochband, Magnetband, Diskette, oder in visueller Form auf ein Bildschirmgerät und zur Übermittlung der Daten an die Datenverarbeitungsanlage dient.

Ein intelligentes T. ist mit einem Kleinrechner ausgestattet und ermöglicht die weitgehende Nutzung als relativ selbständige Informationsverarbeitungseinheit.

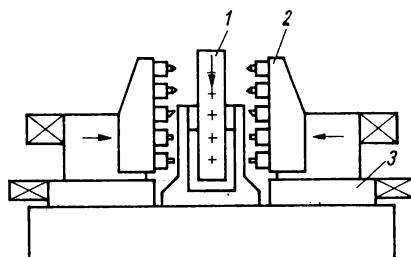
**Testlauf.** Probelauf eines theoretisch erarbeiteten Programms an einer NCM, um das Risiko von Beschädigungen durch Programmierfehler oder nicht vorhersehbare Einflüsse, z. B. Durchbiegung und Resonanzerscheinungen, zu verringern. Der T. wird erleichtert, wenn sich Laufzeiten bei Operationen ohne Werkstück durch Geschwindigkeitserhöhung verkürzen lassen und Korrekturen leicht und sicher an der NCM eingegeben werden können. Der T. kann auch durch  $\uparrow$ Simulationsverfahren ersetzt werden.

**Torelement,** Tor. Bauglied, daß in Abhängigkeit von einem Steuersignal zwischen Ein- und Ausgängen entweder eine identische Signalübertragung oder eine Unterbrechung des Signalfußweges herbeiführt.

**Transferstraße.** Maschinenfriesreihe zur automatischen Fertigung, die aus mehreren Einzelmaschinen zusammengestellt ist, aber im Gegensatz zur  $\uparrow$ Taktstraße (synchrone Weitergabe) eine Weitergabeeinrichtung mit unabhängiger Steuerung hat (asynchrone Weitergabe). Das entkoppelte Weitergeben ermöglicht eine gewisse Variation des Verfahrensablaufs. Auf T. können bestimmte Klassen ähnlicher Werkstücke bearbeitet werden.

**Transportsystem, automatisches.** Fahrerlos automatisch umlaufende Flurförderzeuge zur Ver- und Entsorgung von Fertigungsbereichen z. B. mit Werkstücken und Werkzeugen sowie die dazugehörigen stationären Anlagen zur Fahrkurssteuerung, zur Steuerung von Blockierschleifen, Türen und Warnanlagen, zur Stromversorgung sowie Sende- und Empfangsanlagen, z. B. an den Fahrschleifen.

**Trommelmaschine, Schalttrommelmaschine.** Automatische Sondermaschine, bei der die Werkstücke mit den Spannvorrichtungen auf einer Schalttrommeleinheit mit waagerechter Achse den einzelnen Bearbeitungsstationen zugeführt werden. Die Bearbeitung kann von links, von rechts und senkrecht zur Trommelachse erfolgen. T. eignen sich für Teile, die von 2 gegenüberliegenden Seiten in mehreren aufeinanderfolgenden Operationen zu bearbeiten sind. Im Bild bedeuten: 1' Trommel mit Werkstückspannern; 2 Mehrspindelbearbeitungseinheit; 3 Schlitteneinheit.



**Üersetzer.** Programm, mit dem in maschinenorientierter Sprache geschriebene Programme mittels  $\uparrow$ Assembler bzw. problemorientierter Sprache mittels  $\uparrow$ Compiler in interne Maschinenprogramme (Objektprogramme) umgesetzt werden.

**Umkehrspanne.** Mittelwert der Unterschiede zwischen festgestellten Meßwerten bei translatorischer bzw. rotatorischer Bewegung einer Baugruppe, z. B. Schlitzen oder Drehtisch, aus beiden Richtungen in die gleiche Soll-Lage bei WZM mit direktem Wegmeßsystem.

**Umlaufspeicher**  $\uparrow$ Durchlaufspeicher

**Unterprogramm.** In sich abgeschlossener Teil eines Programms, der in ein übergeordnetes Programm (Hauptprogramm) einschiebbar ist. Das U. wird durch einen Aufrufbefehl gestartet. Nach Abarbeitung des U. wird in das übergeordnete Programm zurückgekehrt.

Bei NC-Kodes wird als U.-Anfangskennzeichen der Buchstabe L verwendet. Freiprogrammierbare U. ersparen Programmieraufwand, z. B. kann das Anbringen

mehrerer Gewindelöcher so programmiert werden, daß die ganze Bearbeitung an einem Punkt als U. geschrieben und dann an jedem Punkt aufgerufen wird. U. werden meist in der NC-Technik an den Anfang eines Lochstreifens geschrieben und beim Einlesen desselben sofort in den Speicher übernommen.

**Ursprungskoordinatensystem.** Besonders geeignetes ↑Bezugskoordinatensystem, das durch den Vorgang der Nullung beim Einrichten des 1. Werkstücks oder durch definierte Aufspannung der Werkstücke leicht fixiert werden kann. Auf das U. werden alle weiteren erforderlichen Koordinatensysteme bezogen.

#### V-Ablesung ↑Doppelablesung

**Verarbeitungsprogramm**, Prozessor. In der maschinellen Programmierung das Übersetzungsprogramm problemorientierter Sprachen für NCM; Rechenprogramm für die Verarbeitung der Daten des Teileprogramms. Das V. führt geometrische Berechnungen durch, bestimmt die Werkzeugbahn und gibt eine allgemeine Lösung des Bearbeitungsprogramms an, die von der NCM unabhängig ist. Die Anpassung an eine spezielle NCM wird vom ↑Nachverarbeitungsprogramm ausgeführt.

**Verfügbarkeit.** Wahrscheinlichkeit, ein System zu einem vorgegebenen Zeitpunkt in einem funktionsfähigen Zustand anzu treffen.

**Vergleicher.** Koinzidenzprüfer. Einrichtung in Steuerungen mit geschlossenem Wirkungsweg zur Feststellung der Übereinstimmung von Soll- und Istwert, insbesondere für Weg- bzw. Wirkpositionen. Der Größenvergleich zweier Zahlen kann mit und ohne riehtungs- und entfernungsabhängigem Ausgangssignal erfolgen. Es gibt 2 Funktionsvarianten: V., die nur dann ein Signal abgeben, wenn Koinzidenz zwischen Soll- und Istwert herrscht. Sie werden häufig zum Abschalten der Bewegung benutzt, s. ↑Abschaltkreis. V., die dauernd bei Nichtübereinstimmung von Soll- und Istwert ein Signal abgeben. Sie werden in ↑Regelkreisen eingesetzt.

**Verkettung.** Verbindung automatisierter Arbeitsmittel zu Linien mit Hilfe technischer Einrichtungen zur Erzielung eines selbsttätigen Werkstückflusses und durch Verknüpfung von Teilen der Steuerung der Fertigungseinrichtungen. Bei Außen-V. verläuft die projizierte Hauptförderrichtung der Werkstücke außerhalb der Grundflächen der verketteten Einrichtungen, bei Innen-V. durch diese hindurch. Fertigungslien sind meist innenverkettet. Eine Hintereinanderschaltung von Maschinen wird als Reihen-V. bezeichnet. Sind sie funktionsmäßig nebeneinander angeordnet, liegt eine Parallel-V. vor. Diese ist oft beim Aufbau von Linien aus Kapazitätsgründen nötig.

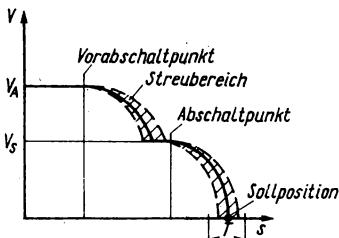
**Verkettungseinrichtung.** Gesamtheit der Einrichtungen zur Automatisierung des Werkstückflusses in automatischen Linien. Die V. ist häufig eine Kombination von Transport- und Zuführeinrichtung, die neben der Funktion der Ortsveränderung auch die Bestimmung oder Einstellung von Winkeln, Lagen oder anderen Orientierungen für Arbeitsgegenstände zu realisieren hat.

**Verweilzeit.** 1. Wegbedingung, die eine meist zeitlich vorbestimmte Programmpause von programmiert oder in der Steuerung festgelegter Dauer bewirkt, z. B. für das Freischneiden bei der Zer spanung. Das Programm wird automatisch ohne Rückmeldesignal fortgesetzt. 2. Zeit, in der ein Werkstück auf einer Arbeits position zur Bearbeitung bereitsteht.

**Vibrationsförderer.** Einrichtung zum Ordnen von Teilen nach Position und Richtung und zur Förderung dieser Teile. Der V. nutzt die Erscheinung, daß ein Körper auf einer vibrierenden Unterlage unter bestimmten Voraussetzungen eine ausgewählte Lage annimmt und außerdem wandert. Da dieses Wandern auch schräg aufwärts möglich ist, läßt sich der Ordnungsprozeß vereinfachen. Nichtgeordnete Teile werden an einer Prüfstelle des V. aussortiert und fallen in einen Behälter zurück.

**Vorabschaltung.** Bei Steuerungen mit ↑Abschaltkreis und ↑Steuerkette eine programmgemäß gestufte Reduzierung der

Vorschubgeschwindigkeit, um eine Position genau zu erreichen (s. Bild). Infolge der Massenträgheit des bewegten Maschinenanteils wäre bei einer Positionierung mit dem programmierten Arbeitsvorschub bis zum Koinzidenzpunkt ein Überlauf und damit ein Positionierfehler unvermeidlich. Die V.-Werte werden steuerungsintern gespeichert und sind durch Versuche ermittelt.



$V_A$  Arbeitsgeschwindigkeit  
 $V_S$  Schlechigeschwindigkeit  
 $T$  geforderte Fertigungstoleranz

**Vorabschaltwert.** Wegangabe in einer Steuerung zur gestuften Vorschubreduzierung, um eine geplante Position möglichst genau zu erreichen. Die z. B. mehrfach gestufte Verringerung der Arbeitsvorschubbewegung vermeidet einen Überlauf an der Soll-Position und verhindert damit Bearbeitungsfehler. Anzahl und Größe der V. sind von den jeweiligen kinamatischen dynamischen Gegebenheiten der NCM bzw. WZM abhängig. Die V. werden steuerungsintern gespeichert und vom Programm vorschubabhängig aufgerufen.

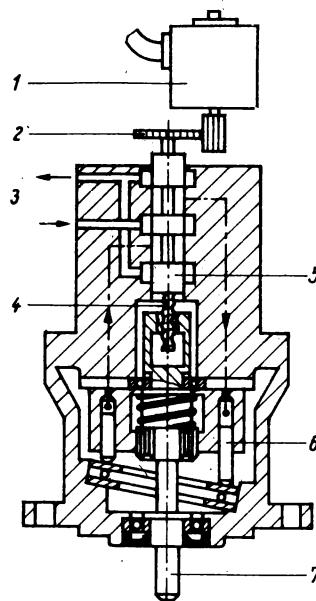
**Vorkodiertabelle.** Arbeitsmittel des Programmierers in der NC-Technik. Die V. kennzeichnet das steuerungstechnische Vermögen der NCM und enthält die spezifische Zuordnung der Adressen und Schlüsselzahlen zu den Funktionen. Bei der maschinellen Programmierung wird die V. vom Nachverarbeitungsprogramm berücksichtigt.

**Vorkoindenz.** In der NC-Technik die Erfüllung der Gleichung  $F \pm S \pm K \pm V = I$ , wobei F den Festwert, S den Sollwert, K den Korrekturwert, V den Vorabschaltwert und I den Istwert bedeuten. Das Signal bei V. führt zur Vorschubreduzierung. Vgl. ↑ Abschaltkreis.

**Vorschubantrieb.** An NCM elektrisch steuerbare Achsantriebe, die eine Bewegung von Arbeitsorganen bewirken. In einem weiten Anwendungsbereich haben sich Gleichstrommotoren durchgesetzt. Bei bestimmten Anwendungen, insbesondere kleinen WZM, hohen Bahngeschwindigkeiten, wie z. B. bei IR, und geringer zulässiger Bahnabweichung, sind elektrische Schrittmotoren günstig. Außerdem sind an WZM Kupplungsschaltgetriebe, Hydraulikmotoren, durch elektrische Schrittmotoren gesteuerte hydraulische Verstärker (s. Bild) und frequenzgesteuerte Drehstrommotoren als V. bekannt.

Der V. einer NCM besteht aus der Schnittstelle zum ↑CNC-System, den Reglern, dem Leistungsstellglied, dem Antriebsmotor und den mechanischen Übertragungselementen.

Es bedeuten: 1 elektrischer Schrittmotor; 2 Getriebe; 3 Druckölanschluß; 4 Gewinde spindel; 5 Vierkantensteuerschieber; 6 Axialkolbenhydromotor; 7 Abtriebswelle.



**Vorschubmotor.** Antriebsmotor für Vorschubgetriebe, der ein möglichst konstantes Drehmoment über den gesamten Drehzahlbereich haben sollte, höchste Reak-

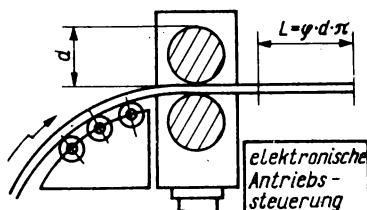
tionsfähigkeit und einen großen Regelbereich. Geeignet sind Hydraulikmotoren, Gleichstromnebenschlußmotoren, elektrische Schrittmotoren, auch elektrohydraulische. Von der Elektromotorenindustrie wurden spezielle Motoren mit hohem Anzugsmoment und geringer Masse entwickelt, z. B. WSM (werkzeugmaschinen-spezifischer Stellmotor) und RSM (roboter-spezifischer Stellmotor).

**Vorwahlsteuerung.** Steuerung, bei der während des Laufs einer WZM bereits die Daten für den nächsten Arbeitsgang eingestellt werden können, die dann durch Drücken einer Taste von Hand wirksam werden. Die V. kann für Schaltgetriebe mit Schieberadblöcken auch mit hydrostatischen Mitteln aufgebaut werden.

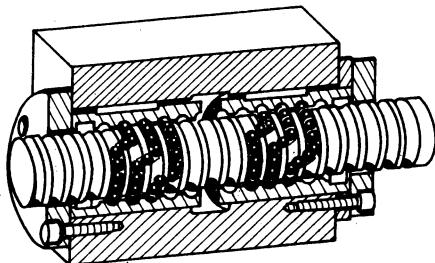
**Vorwärtzzähler.** Zähler, bei dem die Meßwertimpulse durch Vorwärtzzählen aufsummiert werden. Bei Übereinstimmung von vorgewähltem und aufsummiertem Wert wird ein Koinzidenzsignal abgegeben. Der V. benötigt einen separaten Sollwertspeicher und ist durch die logische Vergleicherschaltung aufwendiger als ein ↑Rückwärtzzähler.

**WAN** (wide area network). Fernraum-Rechnernetz, wie z. B. DATEX, ISDN, PABX und TELETEX.

**Walzenvorschubeinrichtung.** Einrichtung zum Zuführen von Band- und Streifenwerkstoff, bei der periodisch bewegte Walzen den Werkstoff durch Reibpaarung bewegen. Der Walzenantrieb kann von der Pressenstößelbewegung abgeleitet sein, aber auch driftfrei und leicht an veränderliche Prozeßbedingungen anpaßbar CNC-gesteuert erfolgen (s. Bild). Es bedeuten:  $\varphi$  Walzendrehwinkel; d Walzendurchmesser.



**Wälzschaubtrieb.** Schraubgetriebe, bei dem die Getriebeglieder über Wälzkörper (Kugeln) gekoppelt sind. W. sollen eine geringe Torsion und kleines Axialspiel haben. Die Verwendung von beiderseitigem Axialkugel- oder -rollenlager zusammen mit einer gegeneinander verspannten Doppelkugelumlaufmutter (s. Bild) beseitigt das Axialspiel. Sie werden für kurze und mittlere Verfahrwege eingesetzt.



**Wegbedingungen.** Befehlstyp in NC-Programmiersprachen für die Bewegungssteuerung, auch als ↑G-Funktionen bezeichnet. W. sind nach ISO 1056-1975, GOST 20 999-75 und TGL 200-0863/05 standardisiert.

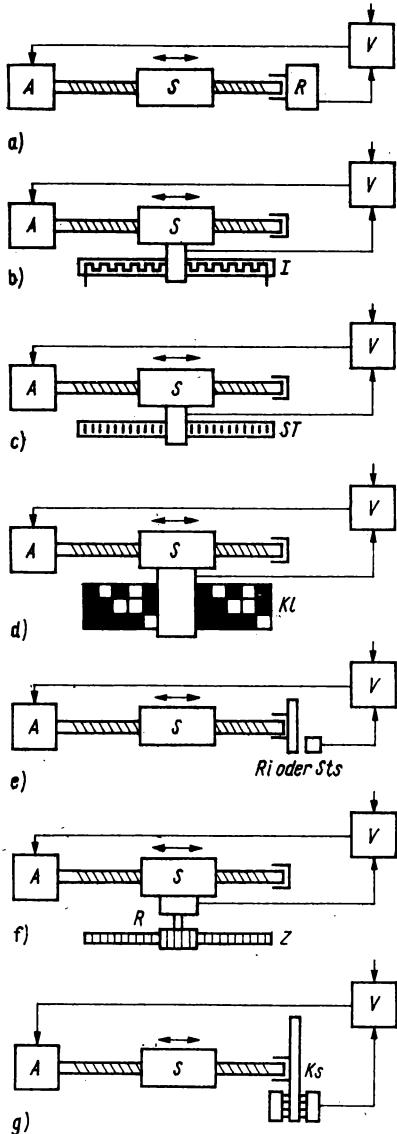
**Weginformation.** Gesamtheit aller zur Fertigung erforderlichen geometrischen Daten, die eine Positionsveränderung bewegter Maschinenteile, wie Tische, Schlitten usw., hervorrufen und damit die Werkstückformgebung bestimmen. Bei analog gesteuerter WZM sind diese Daten in Steuerkurven, Schablonen, Modellen u. ä. enthalten; bei NCM setzen sich die W. aus Koordinatenwörtern (X, Y, Z usw.) zusammen und greifen über die innere Datenverarbeitung, z. B. Abschaltkreise, Interpolatoren, in die Bewegungsabläufe ein.

**Wegmeßsystem.** Baugruppen zum automatischen Erfassen von Schlittenpositionen oder von zurückgelegten Wegen. Die Meßwerterfassung kann nach dem ↑Inkrementalmeßverfahren oder nach dem ↑Absolutmeßverfahren erfolgen.

Die vom Programm vorgegebene Soll-Position wird im ↑Vergleicher der vom W. bereitgestellten Istposition gegenübergestellt.

Die W. lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einteilen (s. Bild):

- nach dem Ort der Meßwertabnahme; indirekt z. B. an der Spindel oder direkt am Schlitten
- nach dem Meßverfahren; inkremental durch Zählen von Wegquanten, absolut in bezug zu einem Nullpunkt oder zyklisch-absolut
- nach der Meßwerterfassung; digital oder analog.



- nach der Art der Meßwertabnahme; translatorisch oder rotatorisch
- nach dem technisch-physikalischen Prinzip; fotoelektrisch, kapazitiv usw.

Im Bild bedeuten:

- A Antrieb; I Induktosyn; KL Kodelineal;
- Ks Kodescheibe; R Resolver; Ri Rundinduktosyn; S Schlitten; ST Strichmaßstab; Sts Strichscheibe; V Vergleicher
- a) analog, zyklisch-absolut, indirekt; b) analog, zyklisch-absolut, direkt; c) digital, inkremental, direkt; d) digital, absolut, direkt; e) analog oder digital, zyklisch-absolut oder inkremental, indirekt; f) digital, zyklisch-absolut, direkt; g) digital, absolut, indirekt.

**Wegplansteuerung.** Automatische Steuerung, bei der die nächste programmierte Bewegung erst eingeleitet wird, wenn festgestellt worden ist, daß die vorhergehende, am Erfolg oder der Funktionsausführung gemessen, beendet worden ist. Die Ablaufzeit ergibt sich aus den Ablaufgeschwindigkeiten für die einzelnen Wegstücke. Bei der W. ist die Zeit für den Arbeitszyklus nicht konstant.

**Wegquant.** Kleinste lesbare Einheit bei einem Wegmesssystem.

**Werkstattprogrammierung.** Programmierung einer NCM unmittelbar an ihrem Einsatzort durch Eintasten der Eingabedaten an einem Handbedienpult (Parallelprogrammierung). Es gibt auch Steuerungen, die bei der W. im Klartextdialog über Bildschirm die Eingabedaten, z. B. Soll-Positionen, Werkzeugabmessungen und Vorschubgeschwindigkeiten, abfragen.

**Werkstückfolgezeit.** Zeit zwischen Bearbeitungsende an einem Werkstück und dem Bearbeitungsbeginn des folgenden. In der W. müssen alle Aktivitäten zum Neustart, z. B. Bereitstellen der folgenden neuen Programminformationen, erfüllt sein.

**Werkstückgestaltung, automatisierungsrechte.** Gesamtheit der konstruktiv-gestalterischen Maßnahmen (Gestaltungsrichtlinien) die beim Entwerfen von Einzelteilen bzw. Baugruppen beachtet werden müssen, um einen automatischen Ablauf in der Teilefertigung und Montage zu er-

möglichen bzw. zu erleichtern. Im Vordergrund stehen Maßnahmen, die insbesondere das automatische Handhaben beim Bereitstellen, Ordnen, Eingeben usw. zuverlässig gewährleisten. Wichtige Teilgebiete der a. W. sind die robotergerechte, montagegerechte und schweißrobotergerichtete Werkstückgestaltung.

**Werkstückkoordinatensystem.** Koordinatensystem, daß für alle Punkte eines Werkstücks eine zahlenmäßige geometrische Zuordnung ermöglicht. Der Nullpunkt des W. wird auf einen reproduzierbaren charakteristischen Punkt des Werkstücks, z. B. Bohrung, Ecke, Symmetriepunkt, bezogen.

**Werkstücklogistik** ↑Logistik

**Werkstückmeßsteuerung** ↑Meßsteuerung

**Werkstückspeicher.** Einrichtung zum Be reithalten und/oder Aufnehmen von Werkstücken in meist geordnetem Zustand. Nach den Aufgaben in der automatischen Fertigung lassen sich die W. in Beschickungs-, Ausgleichs- und Störungs-W. einteilen. Beschickungs-W. dienen vorzugsweise der Automatisierung der Werkstückhandhabung an Einzelmaschinen, Ausgleichs-W. werden innerhalb von Fließlinien zum zeitweiligen Ausgleich von Zeitunterschieden eingesetzt, und Störungs-W. dienen zum teilweisen Ausgleich von Stillständen einzelner Maschinen innerhalb einer Fertigungs linie.

W. können nach verschiedenen technischen Prinzipien aufgebaut sein, z. B. als Rollkanal-, Gleitbahn-, Scheiben-, Mehretagenscheiben-, Kettenumlauf-, Band-, Trommel- Palettenspeicher. Vgl. ↑Durchlaufs peicher.

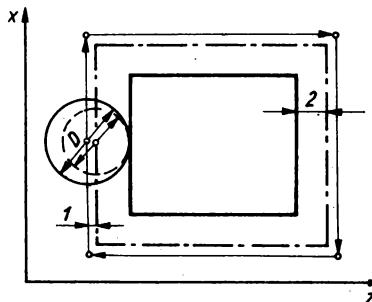
**Werkstückträger.** Sammelbegriff für Vorrichtungen zur Aufnahme von Werkstücken bei der Bearbeitung und dem Transport, insbesondere in ↑Taktstraßen. Durch konstruktive Maßnahmen ermöglicht der W. beim automatischen Werkstückwechsel eine reproduzierbare Fixierung des Werkstücks in bezug auf das Werkzeug. In erweitertem Sinne sind auch ↑Paletten, Spannrahmen u. ä. als W. anzusehen.

**Werkzeug, voreinstellbares.** Werkzeug, dessen aktives Element innerhalb der

WZM auf ein Maß einstellbar ist, meist aber außerhalb der WZM in eine genaue Relativlage zu einer Einheitshalterung (↑Werkzeughalter) gebracht werden kann.

**Werkzeugbruchsensor** ↑Werkzeugüberwachung

**Werkzeugdurchmesserkorrektur.** Ermittlung einer neuen Werkzeugmittelpunktsbahn aus einer vorgegebenen mittels einer Korrekturrechnung, um an NCM bei der Konturbearbeitung nicht bei jedem Werkzeugnachschliff ein neues Steuerprogramm berechnen zu müssen. Neben der Vorgabe der Bahn sind noch Informationen über die Lage des Werkzeugs zur Kontur nötig. Die zusätzlichen erforderlichen Informationen über eine Durchmesseränderung werden an der NCM eingegeben. Es bedeuten: 1 W.; 2 Werkzeugversatz.



**Werkzeughalter.** Einheitlicher Träger zur Aufnahme von Werkzeugköpfen, die selbst nur eine geringe Masse aufweisen können, z. B. 100 g bei kleineren Drehmeißelköpfen.

**Werkzeugkodierung.** Kennzeichnung von Werkzeugen in der NC-Technik als Voraussetzung für den automatischen Werkzeugwechsel. Die Werkzeugwechselsteuerung löst einen Suchlauf aus und vergleicht dabei die Bitkombinationen aller Werkzeuge mit der im Wechselbefehl vorgegebenen Bitfolge. Bei Gleichheit wird der Suchlauf gestoppt. Die W. kann mechanisch in Form von Ringen oder Nuten, magnetisch am Werkzeugschaft oder als mitgeführte Plastlochkarte, die mit einem Lochstreifenleser gelesen werden kann, ausgeführt sein. Die Steuerung und die Werkzeuge sind komplizierter als bei der

**Speicherplatzkodierung.** Die W. hat jedoch größere Freizügigkeit und den Vorteil, daß keine Fehler durch Vertauschen von Werkzeugen auftreten.

**Werkzeugkorrektur.** Ausgleich von Durchmesser- und Längenunterschieden von Werkzeugen zwischen tatsächlichen Werten und dem vom Programmierer angenommenen Wert. ↑Werkzeugdurchmesserkorrektur, ↑Werkzeuglängenkorrektur.

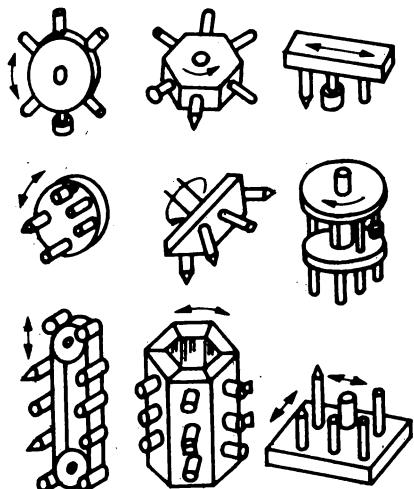
**Werkzeuglängenkorrektur.** Verschiebung in der Spindelachse zum Zweck des Ausgleichs des Unterschieds zwischen tatsächlicher Werkzeuglänge und der vom Programmierer angenommenen, z. B. bei Bohr-, Fräsen- und Drehwerkzeugen.

**Werkzeuglogistik** ↑Logistik

**Werkzeugmaschine.** WZM. Mit wechselbaren Werkzeugen ausgestattete, ortsgebunden arbeitende Fertigungseinrichtung zur form- und maßgerechten Bearbeitung von Werkstücken vorwiegend aus Metall, Holz und Plast durch Umformen und Trennen.

**Werkzeugsensierung** ↑Werkzeugüberwachung

**Werkzeugspeicher.** Zusatzeinrichtung an NCM, um durch automatischen Werkzeugwechsel eine höhere Flexibilität der Fertigung bzw. eine komplexere Bearbeitung eines Werkstücks in einer Aufspannung zu erreichen. Realisierte W. unterscheiden sich stark in Form, Anbauart und Kapazi-

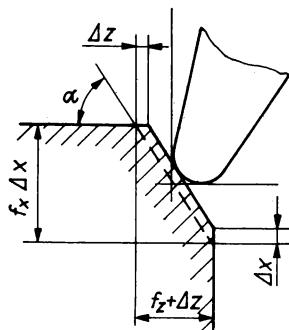


tät (5 bis 150 Werkzeuge; s. Bild). Da große W. viel Platz und eine aufwendige Werkzeugwechselsteuerung bedingen, verwendet man mitunter auch Wechselplattenspeicher. Ein wichtiger Kennwert des W. ist die Zugriffszeit (5 bis 30 s). Durch geeignete Programmierung und Gestaltung der Wechseinrichtung kann ein großer Teil dieser Zeit parallel zur Bearbeitungszeit gelegt werden. Die Art der Kodierung beeinflußt die Ausführung der Werkzeugwechselsteuerung stark (Speicherplatzkodierung, ↑Werkzeugkodierung). Je mehr Relativlagen beim Werkzeugwechsel oder -austausch unabhängig von der Arbeitsspindel nötig und je weiter die Speicherplätze von der Spindel entfernt sind, um so umfassender sind die Aufgaben, die eine Werkzeughandhabeeinrichtung auszuführen hat.

**Werkzeugspeichersystem.** System zum automatischen Wechsel oder Austausch von Werkzeugen an WZM, das z. B. aus Wechselalarm bzw. Wechseinrichtung, Werkzeugspeicher, Kodierung, Steuerung, Ersatzwerkzeugstrategien bestehen kann.

**Werkzeugüberwachung.** Automatisches Erfassen von Daten, die den Werkzeugzustand bezüglich Anwesenheit, Bruch und Verschleiß (Schneidkantenversatz, Ausbröckelung, Kerben, Riefen und Abflächungen) dokumentieren. Die W. kann direkt erfolgen, durch unmittelbare Sensierung des Werkzeugs durch Analyse des Schwingungsverhaltens oder mit Gebern, die die Schneiden berührungslos oder berührend antasten, sowie durch Beobachtung der Schneidkante auf optischem Wege, z. B. mit einer Zeilenkamera. Bei indirekten Verfahren der W. wird das Werkstück, die Maschine oder der Prozeß durch solche Sensoren überwacht, deren Werte Rückschlüsse auf den Werkzeugzustand ergeben, wie z. B. Messung von Ankerstromgrößen in Vorschubantrieben, Messung der Wärmestromänderung in Werkzeughaltern. Im Ergebnis der W. sind Signale zu bilden, die entweder im Offline-Betrieb den Bediener informieren oder aber im On-line-Betrieb automatische Werkzeugnachstell- oder -austauscheinrichtungen aktivieren.

**Werkzeugversatz.** Abstand, der sich beim Konturdrehen und -fräsen durch den Spitzendurchmesser des Drehmeißels bzw. des Fräserdurchmessers zur Werkstückkontur ergibt (s. Bild). Der W. wird in einer Ebene, z. B. in der x,z-Ebene, durch entsprechende Korrekturen  $\Delta x$  und  $\Delta z$  kompensiert.



**Werkzeugvoreinstellung.** Einstellung von Maschinenwerkzeugen in der WZM manuell nach Skala oder mit Voreinstellgeräten außerhalb einer WZM. Die W. ist bei automatischem Werkzeugwechsel unmöglich. Voreingestellt werden Längen an Bohrern, Reibahlen, Gewindesteckern und Drehmeißeln sowie Durchmesser an Fräsen. W.-Geräte können z. B. mechanische Anschläge, Mikroskope und Profilprojektoren sein.

**Werkzeugwechsel.** 1. An NCM meist automatischer Wechsel von Maschinenwerkzeugen, die einem ↑Werkzeugspeicher entnommen werden. Der W. ist aus Gründen der Operationsfolge nötig. Werden stumpfe Werkzeuge gegen scharfe gleicher Art ausgetauscht, so spricht man vom Werkzeugtausch. 2. Befehl, der den W. vorschreibt, oft verbunden mit dem automatischen Abschalten des Kühlmittels.

**Werkzeugwechsler.** Handhabeeinrichtung, z. B. Doppelarmgreifer, die an NCM selbsttätig Werkzeuge aus einem Werkzeugspeicher entnimmt und z. B. in die Arbeitsspindel einsetzt. Der W. wird meist über eine getrennte elektrische Ablaufsteuerung gesteuert.

**Wiederanfahren an die Kontur.** Automatischer Eintritt eines programmgesteuerten Werkzeugs in eine Bahn, wobei auch bei

geändertem Werkzeugdurchmesser, z. B. nach einem Werkzeugbruch, an der richtigen Stelle die Kontur fortgesetzt wird.

**Wissenstechnik, knowledge engineering.** Teilgebiet innerhalb der künstlichen Intelligenz, das das menschliche Wissen, seine Herleitung, Querverknüpfung, Analyse und Verallgemeinerung mit ingenieurmaßigen Methoden bearbeitet.

#### Wort ↑Programmwort

**Wortlängenkontrolle.** Steuerungsinterne Maßnahme zur Datensicherung bei NCM mit Lochbandeingabe, die darin besteht, daß die vereinbarte Wortlänge mittels eines Wortlängenzählers überprüft wird. Stimmt die Wortlänge nicht, wird die Eingabe unterbrochen. Zur Einhaltung der Wortlängen müssen deshalb z. B. bei Weginformationen die Vornullen mitgeschrieben werden. Bei Steuerungen mit freier Wortlänge entfällt die W.

#### Zeitausnutzungsgrad ↑Ausnutzungsgrad

**Zeitplansteuerung.** Automatische Steuerung, bei der ein programmierte Ablauf ausschließlich durch einen Zeitplan bestimmt ist. Der Zeitablauf ist im Zeitplangeber (Programmgeber), z. B. Nockenwalze, enthalten.

#### Zeittafel

- 1712 Erste Nachformdrehmaschine in Russland von A. K. Nartow. Der Support verschob sich automatisch entlang der Schablone und dem Werkstück.
- 1776 M. Boulton und J. Watt gründen in Birmingham eine Maschinenbauwerkstatt, die als Vorläufer einer WZM-Fabrik angesehen werden kann.
- 1784 O. Evans errichtet in Philadelphia den Vorläufer einer „automatischen Fabrik“, eine Getreidemühle, die weitgehend ohne Bedienung auskam.
- 1785 Fliehkraftregler für Dampfmaschinen von J. Watt entwickelt.
- 1797 Gründung der ersten WZM-Fabrik von H. Maudslay in Großbritannien.
- 1801 Steuerung eines Musterwebstuhls mit aneinanderhängenden Lochkarten von J.-M. Jacquard (Frankreich). 1812 sind in Frankreich bereits 11 000 Musterwebstühle in Betrieb.

- 1842 Erste Hohlbearbeitungsautomaten von K. Whipple und T. Sloan (1846) in Betrieb genommen.
- 1855 Der Amerikaner H. Stone entwickelt eine Revolverdrehmaschine, die aufeinanderfolgende Arbeitsgänge automatisch erledigt. Später wurden daraus sog. „Ganzautomaten“ entwickelt, die bereits 40 bis 50 Schrauben je Minute herstellten. Automatische Revolverkopfdrehung ab 1861.
- 1860 Im Chemnitzer Raum existieren etwa 65 Maschinenbauanstalten mit nahezu 20 000 Arbeitern.
- 1860 Errichtung von Fließstrecken zur „Demontage“ von Rindern in den Schlachthöfen des amerikanischen Nordens (Vorläufer der gegenstands-spezialisierten Fertigung).
- 1867 K. Marx definiert das eigentliche Maschinensystem als eine Kette verschiedenartiger, aber einander ergänzender WZM.
- 1871 Automatische Werkstückzführung an einer „Stampfmaschine“ in der Nähanzelfertigung durch Kaiser (Iserlohn).
- 1873 Ch. M. Spencer (USA) erfindet den Drehautomaten mit Nockenwellensteuerung und Magazinzuführung,
- 1880 Automaten der Systeme „Cleveland“ und „Brown & Sharp“ besitzen Vorrichtungen für das Gewinderollen, Schnellbohren, Schlitzfräsen und Planfräsen.
- 1880 Worley baut einen Revolverdrehautomaten mit Stangenzführung.
- 1886 Erster Anschluß eines Elektromotors an das Netz der „Städtischen Elektrizitätswerke Berlin“.
- 1889 Einführung der Fließfertigung zur Herstellung von Konservendosen in den USA.
- 1890 Fließfertigung bei der Montage von Güterwagen.
- 1908 Erste Transfermaschine für die arbeitsteilige Fertigung hölzerner Eisenbahnschwellen.
- 1910 Einführung der Informationsverarbeitung mit Hollerithkarten (Lochkarten) in Deutschland).
- 1912 Bohr-Halbautomat für Grundplatten und Gehäuse mit 6 wechselbaren Mehrspindelköpfen mit insgesamt max. 152 Werkzeugen.
- 1913 Beginn der Fließfertigung von Automobilen und Baugruppen bei Ford (USA).
- 1915 Ungefähre Zeitpunkt der Einführung des Einzelantriebs an WZM.
- 1919 Einführung der Fließmontage bei Citroen (Frankreich).
- 1920 J. C. Shaw entwickelt in den USA die führergesteuerte Nachform- oder Kopierfräsmaschine zum elektrischen Nachformen von Schmiedegesenken und Preßformen.
- 1923 Erste (mechanisch gesteuerte) Transferstraße im Maschinenbau bei „Morris Motors“ in England. Sie führte 53 Operationen aus und produzierte 15 Zylinderblöcke je Stunde.
- 1924 In der Glühlampenindustrie werden kurvengesteuerte Rundschalttischmaschinen mit automatischen Zuführ-einrichtungen eingesetzt.
- 1927 Vorschlag für ein Verfahren von M. Mund zum fotoelektrisch gesteuerten Kopierfräsen. Die Konturenab-tastung sollte mit Fotozellen erfolgen.
- 1929 Automatisches System für die Zylinderblockfertigung bei Graham Page Motors.
- 1932 Einsatz von Fotozellen für das Sortieren von Reiskörnern, Bohnen und Zigarren nach der Farbe, sowie Erkennen nichtetikettierter Konservendosen.
- 1932 Nyquist befaßt sich mit der Stabilität in Servosystemen und Hazen (1934) mit der theoretischen Analyse.
- 1936 D. S. Harder verwendet erstmals den Begriff „Automation“ für „das automatische Handhaben von Teilen zwi-schen Prozeßstationen“.
- 1939 Automatische Bearbeitungsstraße aus verketteten Maschinen im Stalingra-de Traktorenwerk.
- 1939 Entwicklung erster Rotorautomaten zur Metallbearbeitung in der UdSSR.
- 1942 Erstes Patent von Pollard für eine weggprogrammierbare Farbspritz-einrichtung.
- 1947 Die Firma Renault (Frankreich) pro-duziert jährlich etwa 100 Taktstra-

- ßen, besonders für den Automobilbau.
- 1949 Automatisches Werk zur Herstellung von Kolben für Kraftfahrzeugmotoren in der UdSSR.
- 1949 Entwicklungsbeginn für mehrachsige NCM.
- 1950 Entwicklung eines hydraulischen Positionierprinzips in der Art des Servoventils (USA).
- 1950 Entwicklung der gedruckten Schaltung auf Hartpapierbasis.
- 1951 Entwicklung der ersten NCM in den USA. Es ist eine Fräsmaschine mit 3D-Stetigbahsteuerung.
- 1954 Die Firma Pontiac (USA) stellt Motorkolben vollautomatisch her.
- 1954 Die englische Gesellschaft Austin Motors Company hat in der Kraftfahrzeugproduktion 100 Taktstrafen in Betrieb.
- 1955 Verkettete Taktstrafen in der neu errichteten 1. Staatlichen Kugellagerfabrik in Moskau führen zu einem hohen Automatisierungsgrad.
- 1955 Prototyp einer NCM mit einer Informationsverarbeitung für 5 Achsen..
- 1956 Auf einer Konferenz am Dartmouth College wird der Begriff „Künstliche Intelligenz“ geprägt.
- 1956 Entwicklung einer NCM mit 2 NC-Achsen und Relaissteuerung in der DDR.
- 1956 Beginn der Entwicklung der Programmiersprache APT für NCM am Massachusetts Institute of Technology.
- 1958 Entwicklung des ersten freiprogrammierbaren IR in den USA.
- 1959 J. S. Kilby und J. A. Hoerni entwickeln einen integrierten Schaltkreis.
- 1959 C. W. Musser erfindet das Wellgetriebe. Es wird unter der Bezeichnung Harmonic-drive-Getriebe bekannt.
- 1960 Die Firma Inductosyn Corporation bringt ein Wegmeßsystem unter der Bezeichnung „Inductosyn“ auf den Markt.
- 1962 In den USA wird erstmals ein freiprogrammierbarer IR an einen Kunden verkauft.
- 1963 Vorstellung erster Eingabe-/Ausgabegeräte für die Digitalgrafik.
- 1963 Erster gegenstandsspezialisierter Fertigungsabschnitt für Kleinteile in der DDR.
- 1965 Die norwegische Lackierfirma Trallfa entwickelt einen Farbspritzroboter zum Lackieren von Schubkarren.
- 1967 Erstes vollautomatisches NC-Fertigungssystem in Großbritannien (Molins-System 24).
- 1967 Ersteinsatz eines freiprogrammierbaren IR in Japan.
- 1967 Beginn der Herstellung von IR in Großbritannien auf Lizenzbasis.
- 1968 Ersteinsatz eines freiprogrammierbaren IR in der UdSSR.
- 1968 Erstmalige Nutzung eines Computergrafiksystems, das eine Szene im Raum schnell manipulieren konnte, eingesetzt als Raumflugsimulator.
- 1969 Eine schwedische Badewannenfirma kauft von der norwegischen Firma Trallfa den ersten Farbspritzroboter.
- 1969 Erste Karosserieschweißlinie bei General Motors, die mit 26 IR für das Setzen von 380 Schweißpunkten ausgestattet ist.
- 1971 Inbetriebnahme eines automatisierten flexiblen Fertigungssystems ROTA in der DDR. Es bearbeitet etwa 400 verschiedene rotationssymmetrische Teile.
- 1971 Noyce und Moore entwickeln den ersten Mikroprozessor, der auf wenigen Quadratmillimetern 2250 Transistoren enthält.
- 1971 Karosserieschweißlinie in Frankreich mit IR ausgestattet.
- 1971 In der UdSSR werden die IR UM 1, UPK 1 und Universal 50 produziert.
- 1971 Entwicklung der Programmiersprache SYMAP (Symbolische Maschinelle Programmierung) für die NCM-Programmierung in der DDR.
- 1971 Analyse von Szenen mit Hilfe von Fernsehkameras und Grobpositionierung von Greifern und Werkstücken.
- 1972 Entwicklung des automatisierten flexiblen Fertigungssystems PRISMA 2 in der DDR. Es bearbeitet Gehäuse im Bereich 1000 mm × 630 mm × 1600 mm.

- 1973 Erster vollelektrisch angetriebener Drehgelenkroboter mit Mikrorechnersteuerung in Europa (Schweden).
- 1974 Prototyp eines flexiblen NC-Montagezentrums in Japan.
- 1978 Beginn der IR-Entwicklung bei ZIM (Zentraler Ingenieurbetrieb für Metallurgie, DDR).
- 1979 Einsatz des ersten IR vom Typ ZIM 60 in der Maxhütte in Unterwellenborn.
- 1980 Automatisierte flexible Fertigungsabschnitte mit IR- und Transportrobotertechnik, die zeitweise bedienerlos produzieren, entstehen in verschiedenen Industrieländern.
- 1983 Prototyp eines CIM-ähnlichen Betriebes zur Herstellung von speziellen Kleinteilen, wie Schrauben, Bolzen und Dichtelementen ab Stückzahl 1 in Schenectady (USA).
- 1984 Weltweit existieren etwa 150 große und kleine automatisierte flexible Fertigungssysteme.
- 1986 Weltweit sind etwa 1200 fahrerlos laufende Transportsysteme, sog. AGV (automated guided vehicle) mit 1 bis 30 Fahrzeugen je System im Einsatz.

**Zellenrechner**, Leitrechner. Rechner, der den Arbeitsablauf in einer Fertigungszelle steuert und überwacht. Er versorgt im DNC-Betrieb die Maschinensteuerungen mit NC-Programmen und übergibt die Steuerbefehle für das automatische Wechseln der Werkstücke und Werkzeuge an speicherprogrammierbare Steuerungen und IR-Steuerungen. Der Z. wertet Sensorsignale aus, zeigt Fehler mit Hilfe von Diagnoseeinrichtungen an, setzt ggf. gestörte Anlagenteile still und verteilt die Aufgaben auf die intakten Fertigungseinrichtungen. Aus der Analyse der Zustandsdaten der Zelle und dem Bearbeitungs-Iststand werden ein Schichtprotokoll, ein Anlagenabbild sowie Betriebs- und Störmeldungen gewonnen. Zu den Grundaufgaben der Z. gehört auch die Einplanung von Fertigungsaufträgen nach einer abgespeicherten Auftragsliste.

**Zirkularinterpolation** ↑Kreisinterpolation  
**Zusatzfunktionen**. Maschinenfunktionen, die meist Schaltfunktionen, z. B. Spindelhalt, Kühlmittel Ein/Aus, Programmhalt usw., betreffen. Die einzelnen Funktionen sind mit Programmwörtern M00 bis M99 festgelegt.

**Zuschnittoptimierung**. Anordnung von Zuschnitten auf Tafel- und Bandmaterial nach Verschachtelungsstrategien, die einen minimalen Verschnittanteil ergeben. Eine spezielle Variante ist die Streifenbildoptimierung für Gesamt- und Folgeschneidwerkzeuge. Neben der manuellen Z. wird immer mehr die rechnergestützte Z. durch vollständige Algorithmierung des Zuschnittproblems oder dialogorientierte Schnittplanerstellung am interaktiven Bildschirm aktuell.

**Zuschnitzentrum**. CNC-gesteuerte Anlage, auf der unter Nutzung von Zuschchnitt-, Be-säum- und Nutzerprogrammen Blechzuschnitte automatisch geschnitten werden. Das Z. kann z. B. aus einer Langmesser-schere mit CNC-Vorschubeinrichtung, Steuerung, Stapeleinrichtung hinter der Schere und Abstapeleinrichtung vor der Schere zum Beladen bestehen.

**Zuverlässigkeit**. Bei technischen Systemen und Prozessen der Grad der Eignung, beschrieben z. B. durch die Wahrscheinlichkeit, die vorgesehenen Aufgaben unter bestimmten Betriebsbedingungen während einer bestimmten Zeitspanne uneingeschränkt zu erfüllen. So bedeutet die Ausfallrate  $\lambda = 10^{-4} \text{ h}^{-1}$ , daß von 10 000 Bauteilen im Mittel je Stunde nur 1 Bauteil ausfällt.

**Zyklus**. Gruppe von zusammengehörenden, zuvor festgelegten Arbeits- oder Handhabevorgängen, die beliebig oft wiederholt werden können, s. ↑fester Arbeitszyklus.

**Zykluszeit**. Bei einer Funktionseinheit die kleinstmögliche Zeitspanne zwischen dem Beginn zweier aufeinanderfolgender gleichartiger zyklisch wiederkehrender Vorgänge.

## Literaturverzeichnis

- [1] *Bartsch, H.-J.*: VEM-Handbuch Numerische Steuerungen. Berlin: VEB Verlag Technik 1976
- [2] *Berthold, H.*: Programmgesteuerte Werkzeugmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1975
- [3] *Bührdel, Ch.; Frömmel, G.*: Automatisierung spanender Werkzeugmaschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1981
- [4] *Eigner, M.; Maier, H.*: Einstieg in CAD. München: Carl Hanser Verlag 1985
- [5] *Gould, I. H.*: IFIP-Sachwörterbuch der Datenverarbeitung. Leipzig: BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft 1977
- [6] *Haustein, H.-D.; Maier, H.*: Flexible Automatisierung. Berlin: Akademie-Verlag 1985
- [7] *Hesse, S.*: Kleines Lexikon der Industrierobotertechnik. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, B. 208, Berlin: VEB Verlag Technik, 3. Aufl. 1986; Heidelberg: Dr. A. Hüthig Verlag, 2. Aufl. 1986
- [8] *Mütze, K.*: Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen — Einführung und Anwendung. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, B. 57, Berlin: VEB Verlag Technik 1967
- [9] *Pfannkoch, E.*: Einführung in die Grundbegriffe der numerischen Steuerung. 2. Aufl., Stuttgart: Technischer Verlag G. Grossmann
- [10] *Piegert, R.; Knoblauch, J.; Salzmesser, Ch.*: Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen. REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK, Bd. 180, Berlin: VEB Verlag Technik 1977
- [11] *Piegert, R.*: Automatisierung der Fertigungsmittel — Fertigungssysteme. Lehrbriefe für das Hochschulfernstudium 1984
- [12] *Semrad, H.*: Numerisch gesteuerte Maschinen. Berlin: VEB Verlag Technik 1968
- [13] *Simon, W.*: Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen. München: Carl Hanser Verlag 1971
- [14] *Shah, R.*: NC-Guide. Zürich: NCA Verlag 1979
- [15] *Volmer, J. (Hrsg.)*: Industrieroboter — Entwicklung. Berlin: VEB Verlag Technik 1984; Heidelberg: Dr. A. Hüthig Verlag 1986
- [16] *Zachau, H. (Hrsg.)*: Einsatz von Industrierobotern. Berlin: VEB Verlag Technik 1986

**ISBN 3-341-00431-9**