

Rechentchnik Daten verarbeitung

A 5792 E



A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
А В В Г Д Е Ж З И И К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ
а б в г д е ж з и и к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ
Α Β Γ Δ Ε Ζ Η Θ Ι Ε Κ Λ Μ Ν Ο Π Σ Τ Υ Φ Χ Ψ Ω
α β γ δ ε ζ η θ ι ε κ λ μ ν ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
S y m b o l s
+ - . [] () < > = _ | ' , & * % ? : /
; ! . Δ ∇ ∽ □ ∅ Γ ω ² ³ ≡ ∓ × ÷ ± -

**Rationalisierung
der technischen
Produktionsvorbereitung**

Eingegangen
am 13. OKT. 1965
H. Kippel

Inhalt

Klaus Dieter Gattnar: Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung durch den Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen	2
H. Richter / H. Fischer / W. Hellmuth / W. Froberg: SYMAP — eine Symbolsprache zur maschinellen Programmierung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	9
Herdin / Richter / Schwarze: AUTOTECH/Revolverdrehen — ein Programm zur automatischen Aufstellung von Arbeitsplänen	21
Rolf Heinmann: Zweckmäßiger Aufbau von Sachnummern in Betrieben des Maschinenbaues bei der Einführung der elektronischen Datenverarbeitung	36
Was bedeutet eigentlich ...	37
Bibliografische Notizen	40

Contents

Klaus-Dieter Gattnar: Rationalized Production Preparation through electronic data processing	2
H. Richter / H. Fischer / W. Hellmuth / W. Froberg: SYMAP — a symbol language for the programming of numerically controlled machines	9
Herdin / Richter / Schwarze: AUTOTECH-turret lathe — a programme to draw up machining plans automatically	21
Rolf Heinmann: Fuitable establishment of numbers in mechanical engineering firms with electronic data processing	36
Definitions	37
Culled from the foreign press	40

Verlag Die Wirtschaft Berlin

1055 Berlin, Am Friedrichshain 22,
Ruf 53 08 71

Verlagsdirektor: Karl-Heinz H e b e

Redaktion: „Rechentechnik/Datenverarbeitung“

1055 Berlin, Am Friedrichshain 22,
Ruf 53 08 71, App. 341

Chefredakteur: Herbert J e s c h k e

Lizenz des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR,
Nr. 1015d

„Rechentechnik/Datenverarbeitung“ erscheint monatlich einmal
zum Bezugspreis von 4,50 MDN je Heft. Sonderpreis für die DDR 3,00
MDN.

Satz und Druck:

Berliner Druckerei, Werk II, 102 Berlin, Rungestraße 30

Alleinige Anzeigenannahme:

DEWAG Werbung, 102 Berlin, Rosenthaler Straße 28–31, und alle
DEWAG-Betriebe in den Bezirksstädten der DDR.
Zur Zeit gültige Anzeigenpreisliste Nr. 9

Bestellungen nehmen entgegen:

für die DDR:

Alle Postämter, der örtliche Buchhandel und der Verlag
DIE WIRTSCHAFT Berlin;

für Westdeutschland und Westberlin:

Verlag DIE WIRTSCHAFT Berlin und der örtliche Buchhandel;

СОДЕРЖАНИЕ

К.-Д. Гаттнер: Рационализация технологической подготовки производства с применением ЭВМ	2
Х. Рихтер, Х. Фишер, В. Хельмут и В. Фроберг: СИМАП — символический язык для машинного программирования станков с цифровым управлением	9
Хердин, Рихтер и Шварце: АУТОТЕХ — метод точения на револьверных станках. Программа автоматического составления рабочих планов	21
Р. Хейнеманн: Наиболее целесообразная структура номерной номенклатуры на машиностроительном предприятии в связи с внедрением ЭВМ	36
Что такое	37
Обзор журналов	40

Mitglieder des Redaktionsbeirates

Dr. Eberhard Adam · Siegfried Bähr · Dr. Gerhard Herrmann · Dr. Gerhard Kessler · Dr. Rolf Kilian · Prof. Dr. N.-J. Lehmann · Dr. Gerhard Merkel · Rudi Mnestek · Walter Münch · Dr. Joachim Pichler · Axel Rathsack · Dr. Hellmut Seidel · Dr. Franz Stuchlik

im Ausland:

UdSSR:

Städtische Abteilungen „Sojuspetschatj“, Postämter und Postkontore;

Volksrepublik China:

Waiwen Shudian, P. O. Box 88, Peking;

Volksrepublik Polen:

PKWZ Buch, Wronia 23, Warszawa;

Tschechoslowakische Sozialistische Republik:

ARTIA-Zeitschriften-Import, Ve smékách 30, Praha 1; Poštovní rovinová služba Dovož Tisku, Vinohradská 46, Praha 2 — Vinohrady; Poštovní novinová služba Dovož Tlače leningradská 14, Bratislava;

Ungarische Volksrepublik:

Kultura Zeitschriften-Import, Fő ucta Budapest I; Posta Központi Hírlapiroda Jozsef Nador ter 1, Budapest V, und P. O. B. 1, Budapest 72

Rumänische Volksrepublik:

Directia Generală a Poștei și Difuzării Presei Paltul Administrativ C. F. R., Bukarest;

Volksrepublik Bulgarien:

Direktion R. E. P., 11 a Rue Paris, Sofia; RAZROIZNOS 1, rue Tzar Assen, Sofia;

Volksrepublik Albanien:

Ndermarrja Shetnore, e Tregëtuimit te Librit Rruga Konferençe e Pezës, Tirana;

für alle anderen Länder:

VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN

Rechentechnik Daten verarbeitung

4. JAHRGANG · September-Ausgabe · 9/1967

Was uns heute noch das 100-jährige „Kapital“ gibt

Marx machte mit seiner Arbeitswerttheorie den gesamten gesellschaftlichen Reproduktionsprozeß durchschaubar, indem er das Gesetz der Ökonomie der Zeit formulierte sowie den Wert selbst auf das Quantum der verausgabten gesellschaftlich notwendigen Arbeitszeit zurückführte. Damit machte er den kausalen Zusammenhang zwischen dem gesellschaftlichen Fonds an Arbeitszeit und der Entwicklung des gesellschaftlichen Reichtums sichtbar und schuf so die entscheidenden Grundlagen für die exakte Planung der gesellschaftlichen Produktion, für die Beurteilung der ökonomischen Effektivität im Nationaleinkommen und die Organisation des Kampfes um die Senkung der Kosten. Das Gesamtwerk von Marx durchzieht wie ein roter Faden die Analyse und Aufdeckung derjenigen Faktoren, die die Effektivität des modernen industriellen Produktionsprozesses bestimmen. Er zeigt sowohl ihr Wesen als auch ihre ökonomischen Erscheinungsformen und ihren Zusammenhang. Es kann behauptet werden, daß letztlich die moderne Theorie der Optimierung, der Planung, der quantitativen Analyse von Aufwand und Nutzen ihre tiefere Grundlage in den Marxschen Theorien haben. Deshalb gestalten wir die Wirtschaftsbedingungen der Betriebe in einer solchen Weise, daß der Gewinn ihren Beitrag zur Erhöhung des gesellschaftlichen Reichtums ausdrückt. Mit der allseitigen Orientierung des ökonomischen Systems auf den Zuwachs des Nationaleinkommens entsprechen wir der Tatsache, daß der Nutzen der gesellschaftlichen Arbeit im Sozialismus volkswirtschaftlich bestimmt wird. Jedes Mitglied unserer Gesellschaft lebt so gut und so sicher, wie sich die Volkswirtschaft stabil entwickelt, und die volkswirtschaftliche Entwicklung hängt entscheidend davon ab, welchen Beitrag jeder einzelne für das Ganze leistet.

Aus dem Referat des Ersten Sekretärs des ZK und Vorsitzenden des Staatsrates, Walter Ulbricht, das anlässlich der internationalen wissenschaftlichen Session: 100 Jahre „Das Kapital“ am 12. September 1967 gehalten wurde. (ND vom 13. September 1967).

Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung durch den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen

Ing. Klaus-Dieter Gattner

1. Einführung

In der letzten Zeit konnte man einige Veröffentlichungen bemerken, die meist ausgehend von der Problematik des Einsatzes numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen und deren maschineller Programmierung, versuchten, Wege nachzuweisen, wie man den heute vorwiegend auf die Produktionsorganisation orientierten Bereich der integrierten Datenverarbeitung auch auf das Gebiet der technischen Produktionsvorbereitung, insbesondere auf die Technologie und die Konstruktion, ausdehnen kann. [1] [2] [3]

So richtungswiegend diese Gedankengänge auch sind, bei der konsequenten Weiterführung dieser Überlegungen sowie beim Versuch des Übertragens dieser Konzeption auf unsere gegenwärtigen und auch in nächster Zeit weiter geltenden Fertigungsbedingungen, kann die Wahl der numerisch gesteuerten Maschinen als zentraler Ausgangspunkt für diese Bemühungen nicht genügen.

Es ist nicht umstritten, daß sich diese Maschinen im Rahmen unseres Maschinenparks einen wirtschaftlichen Anwendungsbereich sichern werden, dessen Grenzen auf Grund der laufenden Entwicklungen auf diesem Gebiet noch sehr im Fluß sind. Es ist aber genau so klar zu erkennen, daß die numerisch gesteuerten Maschinen keinesfalls imstande sind, in außergewöhnlichem Maße die Werkzeugmaschinen im herkömmlichen Sinne zu verdrängen. Das bestimmende Element im metallverarbeitenden Betrieb wird deshalb, von Sonder-

fällen abgesehen, weiterhin der konventionellen Maschinenpark darstellen. So geht es letztlich um die Frage, dürfen wir uns bei der Zielstellung in einer heute noch fern liegenden Perspektive, die integrierte Datenverarbeitung auf Technologie und Konstruktion im breiten Maße auszudehnen, derzeit auf die Rationalisierung der Fertigungsvorbereitung für numerisch gesteuerte Maschinen beschränken oder müssen wir nicht, den vorliegenden fertigungstechnischen Gegebenheiten Rechnung tragend, den Rahmen viel weiter spannen?

Diese Überlegungen werden unterstützt durch allgemeine Forderungen nach Rationalisierungsverfahren für die technologische Fertigungsvorbereitung, hervorgerufen durch die ständig steigenden Anforderungen an diesen Bereich. Die erforderliche Bewältigung des anwachsenden Arbeitsaufwandes bedingt durch schnellere Überführung neu entwickelter Erzeugnisse in die Produktion, steigende Komplexität der Geräte, sinkende Fertigungsserien u. a. stellt den Bereich Technologie vieler Betriebe vor Probleme, die mit dem verfügbaren Arbeitskräftepotential einfach nicht mehr zu lösen sind, so daß schon allein die quantitative Seite des Problems dringend Veränderungen bedarf.

Hinzu kommt noch der qualitative Aspekt der technologischen Fertigungsvorbereitung. Wenn man mehrere Arbeitspläne gleichen Inhalts von verschiedenen Technologen innerhalb eines Betriebes ausarbeiten läßt, kann man bei der Analyse des Ergebnisses zu der erschreckenden Erkenntnis gelangen, daß selbst bei relativ einfachen Teilen Abweichungen in der Arbeitsfolge festzustellen sind und Abweichungen bei der Bestimmung der Normzeit bis zu 100 % keine Seltenheit darstellen. Führt man diesen Versuch mit mehreren Betrieben durch, ergeben sich auf Grund betriebspezifischer Bedingungen noch größere Abweichungen. Ziel jeder Verbesserung der technologischen Fertigungsvorbereitung muß deshalb nicht nur die Erreichung eines Rationalisierungseffektes zur Zeit- und Kostensenkung schlechthin sein, sondern mit der Ausarbeitung dazu geeigneter Verfahren muß, wenn überhaupt ein Erfolg zu erwarten sein soll, auch ein qualitativer Sprung der technologischen Arbeitsmethoden gesichert sein.

Durch die Anwendung von Datenverarbeitungsanlagen im Bereich der technologischen Fertigungsvorbereitung ergeben sich nun einige Möglichkeiten, die derzeit vorliegenden Verhältnisse wesentlich zu verbessern, denn die Einsatzvorbereitung dazu erfordert, je nach dem Rationalisierungsgrad in mehr oder weniger umfassendem Sinne, die komplexe Erfassung und Darstellung aller beim Prozeß der Arbeitsvorbereitung auftretenden mathematischen, empirischen und

logischen Beziehungen. Die vorliegenden Regeln und Gesetzmäßigkeiten in ihrer gegenseitigen Bedingtheit und Abhängigkeit müssen eindeutig ermittelt werden und die benötigten Bewertungs- und Entscheidungskriterien entweder wissenschaftlich begründet oder jedoch zumindest empirisch bestätigt vorliegen. Das wiederum bedingt die systemanalytische Durchdringung der aufzubereitenden technologischen Verfahren. Eine solche Aufgabenstellung mit dem Ziel der konkreten und detaillierten Festlegung komplexer Zusammenhänge technologischer Prozesse ist bisher für die wissenschaftlichen Arbeiten innerhalb des Fachbereiches Technologie noch nicht aufgetreten. Die Ursache dafür muß man wohl darin suchen, daß die bei diesen Forschungen entstehende umfangreiche Hierarchie von Regeln und Gesetzen, etwa in Form von Flußplänen oder Entscheidungstabellen, manuell durch den Menschen einfach nicht mehr gehandhabt werden kann, sondern daß solche umfassenden Darstellungen nur noch in Verbindung mit entsprechenden maschinellen Einrichtungen zur Anwendung gelangen können.

In der erforderlichen systemanalytischen Durchdringung technologischer Prozesse liegt nun sowohl der wissenschaftliche Wert der Ausarbeitung von Rationalisierungsverfahren zum Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen als auch die Problematik ihrer Realisierung. Die Forderung nach Festlegung eindeutiger Beziehungen zwischen Werkstück, Werkzeug und Werkzeugmaschine für jede Arbeitoperation und die Fixierung entsprechender technologischer Alternativen bedingt intensive Forschungen auf diesem Gebiet.

Nicht unerhebliche Investitionen sind dazu erforderlich, und man muß sehr genau die Wahl der anzuwendenden Methode und den Einsatz dieser Mittel im Zusammenhang mit dem zu erzielenden Effekt abwägen. Soll jedoch der Bereich der integrierten Datenverarbeitung in einem breiten Maße auch in der metallverarbeitenden Industrie auf die Technologie ausgedehnt werden, sollen Rationalisierungsvorhaben im Bereich der technologischen Fertigungsvorbereitung überhaupt wirksam werden, so sind diese Aufwendungen unumgänglich.

2. System der Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung

Beginnt man schrittweise einzelne Verfahren zur Rationalisierung der Fertigungsvorbereitung vorzubereiten und einzuführen, so ist es notwendig, sich einen Rahmen vorzugeben, dem alle Einzelmaßnahmen unterzuordnen sind und der in Etappen organisch zu einem System entwickelt werden kann. Ein solches System der Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung muß, wenn es den gegebenen Bedingungen Rechnung tragen soll, drei wesentliche Kategorien enthalten (Bild 1).

1. Ausgehend von den technischen Dokumentationen der Einzelteile (Zeichnung, Stückliste usw.) sind unter Berücksichtigung der betrieblich vorliegenden Fertigungsbedingungen und unter Einbeziehung von EDVA optimale technologische Prozesse zu ermitteln und die technologischen Arbeitsinformationen anzufertigen. Unter technologischen Arbeitsinformationen sollen dabei nach Simon [4] alle technischen und organisatorischen Angaben verstanden werden, die zur manuellen oder maschinellen Herstellung eines Werkstückes erforderlich sind (z. B. Arbeitspläne, Lochstreifen für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, Organisationshilfsmittel usw.).

Hierzu gehören z. B. Programme zur maschinellen Herstellung von Arbeitsplänen, entweder bezogen auf die Hauptformgebung, wie Drehen usw. oder unter Einbeziehung aller zur kompletten Fertigstellung des Teils erforderlichen Nebenprozesse wie Schmieden, Verzahnen, Härten, Oberflächenbehandlung usw., wobei Programme zur optimalen Bestimmung der zu wählenden technologischen Variante das anzustrebende Ziel hierzu durchzuführender Entwicklungen darstellen. Ergänzt werden müssen diese Verfahren durch

Programme zum maschinellen Entwurf von Betriebsmitteln, wie z. B. Stanzwerkzeuge, Werkzeuge der Um- und Urformtechnik usw., denn ohne eine Berücksichtigung dieses Problembereiches wäre der beabsichtigte Effekt der progressiven Zeitverkürzung bei der Produktionsüberführung neuer Erzeugnisse nur teilweise zu erreichen. Der Anknüpfungspunkt zur integrierten Datenverarbeitung ist in dieser Etappe durch die mögliche direkte Verbindung von Programmen zur Produktionsorganisation mit den Programmen zur Fertigungsvorbereitung gegeben, wobei sich, je nach dem erreichten Rationalisierungsgrad der technologischen Arbeitsvorbereitung, erhebliche Veränderungen des bisherigen Organisationsablaufes einschließlich des Belegwesens erforderlich machen können.

2. Ausgehend von dem in einem bestimmten größeren Fertigungszeitraum zu produzierenden Einzerteilsortiment sind mit Hilfe von Datenverarbeitungsanlagen die Voraussetzungen

1. zur Ermittlung der unter den vorhandenen Fertigungsbedingungen optimalen technologischen Prozesse (Operativprozesse) und

2. zur Bestimmung der unter den theoretisch idealen und perspektivisch zu realisierenden Fertigungsbedingungen optimalen technologischen Prozesse (Perspektivprozesse) zu schaffen.

Dabei müssen solche komplex wirkenden Faktoren, wie Fondseffektivität, Maschinenauslastung, Minimierung der unvollendeten Produktion usw. Berücksichtigung finden.

Durch den Aufwandsvergleich zwischen Operativ- und Perspektivprozessen eines zu untersuchenden Teilsortiments lassen sich die erforderlichen technischen Entscheidungen und ökonomischen Aussagen zur Entwicklung der Produktionsmittel eines Betriebes ableiten.

Ausgehend von den dazu zu schaffenden methodischen Voraussetzungen werden mit der Realisierung der vorab dargestellten Rationalisierungsverfahren in steigendem Maße diese Methoden in der metallverarbeitenden Industrie zur Anwen-

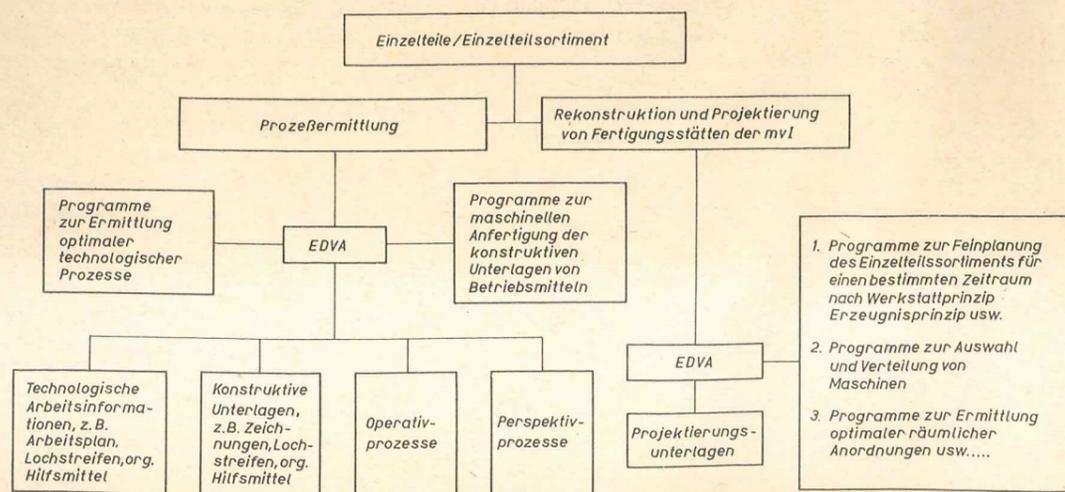


Bild 1: System der Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung

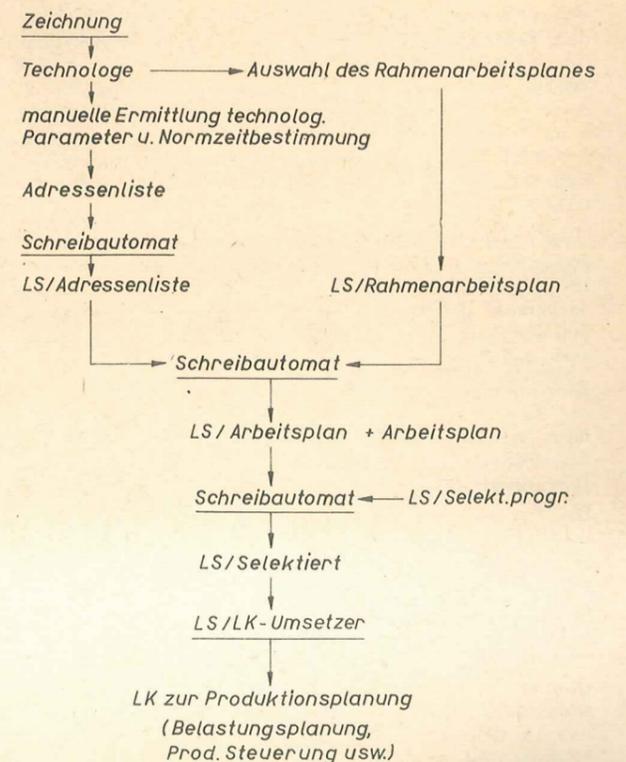


Bild 2: Mechanisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung

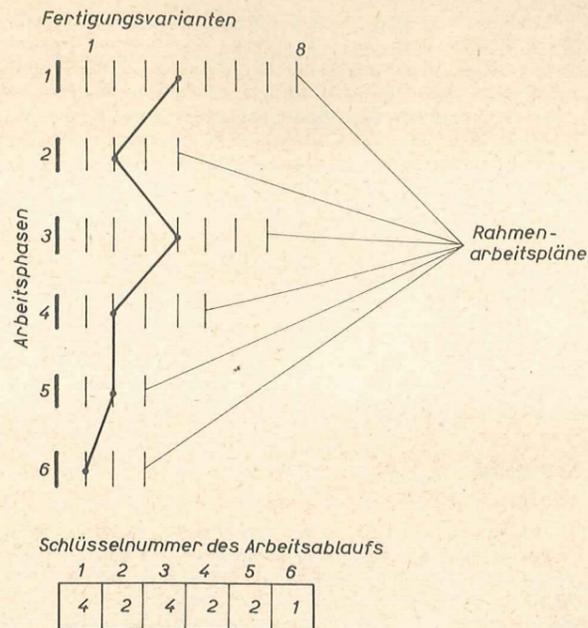


Bild 3: Zusammenstellung des Arbeitsablaufes

ung gelangen und damit wesentlich zur objektiven Entscheidungsfindung bei der technischen Entwicklung des Betriebes beitragen.

3. Die dritte Kategorie der Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung umfaßt die Probleme der Neuprojektierung und Rekonstruktion von Fertigungsstätten. [5] Die sich z. Z. vollziehende Strukturwandlung in unseren Fertigungsstätten stellt erhöhte Anforderungen an die technologische Projektierung. Da jede technische Lösung durch den Prozeß der Entwicklung nur eine begrenzte Lebensdauer besitzt, in der sie ökonomisch verwertet werden kann, begrenzt diese Lebensdauer auch die Nutzungsdauer der Betriebsanlagen und wirkt dabei schneller auf spezialisierte als auf universelle Anlagen. Da jedoch die den technologischen Prozeß bestimmenden Betriebsanlagen eines Maschinenbaubetriebes immer spezialisierter werden (bedingt durch internationale Arbeitsteilung, Spezialisierung, Konzentration, Automatisierung usw.) differenziert sich auch die Nutzungsdauer der Anlagen eines Maschinenbaubetriebes immer mehr.

Diese Nutzungszeit wird erheblich eingeschränkt, wenn ein zu großer Zeitraum für die Projektierung und Realisierung der Investitions- oder Rekonstruktionsvorhaben vergeht. Aus der Verkürzung der Nutzungsdauer der technischen Ausrüstung und der zunehmenden Kompliziertheit der Anlagen resultiert auch, daß Projektierungsarbeiten häufiger anfallen.

Zur Verkürzung der Projektierungsfristen und zur Erhöhung der Arbeitsdichte müssen deshalb Rationalisierungsmaßnahmen eingeleitet werden. Eine dieser Methoden stellt die Verarbeitung der Projektierungsdaten mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitungsanlagen dar.

Das Ziel des schrittweise erfolgenden Einsatzes von EDVA bei der Projektierung von Betriebsanlagen der metallverarbeitenden Industrie ist dabei Verringerung des Arbeitsaufwandes, Auswahl optimaler Projektlösungen, Verkürzung der Projektierungsfristen, Erhöhung der Qualität der Projekte, wobei die Programme zur Ermittlung optimaler technologischer Prozesse hierzu eine geeignete Basis bilden.

Obwohl die kurz umrissene Zielstellung keinesfalls als abgeschlossen angesehen werden kann und mit Sicherheit in den nächsten Jahren eine weitere Detaillierung und Ausweitung erfahren wird, ist sie als Zielstellung für die durchzuführenden Arbeiten zur Rationalisierung der technologischen Ferti-

gungsvorbereitung geeignet. Gegenwärtig liegen, und darauf soll ausdrücklich hingewiesen werden, für alle drei Etappen weder die wissenschaftlich-technischen noch die mathematisch-rechentechnischen und organisatorisch-ökonomischen Voraussetzungen im umfassenden Sinne vor. Durch die vorgenommene Orientierung der wissenschaftlichen Zielstellung verschiedener Hochschulinstitute und anderer geeigneter Institutionen auf diese Aufgaben sind jedoch die Voraussetzungen zur schrittweisen Lösung dieser Probleme gegeben.

3. Stufen der Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung

Bei der Herstellung der technologischen Arbeitsinformationen unterscheiden wir drei Stufen der Rationalisierung der Fertigungsvorbereitung.

Rationalisierungsstufe	charakteristisches Merkmal
1. Mechanisierung	Ordnung des Ablaufs und der Hilfsmittel der Fertigungsvorbereitung auf der Basis typisierter technologischer Prozesse. Einsatz von Schreibautomaten, Lochstreifen-Lochkartenumsetzern usw.
2. Teilautomatisierung	Anwendung algorithmischer Sprachen Einsatz von EDVA
3. Automatisierung	Anwendung von Programmen zur algorithmischen Beschreibung technologischer Prozesse Einsatz von EDVA

Nachfolgend soll auf diese Rationalisierungsstufen näher eingegangen werden.

MODERNE RECHENTECHNIK

setzt fortschrittliche Primärorganisation voraus.
Nur durch die technische und organisatorische Einheit von Arbeitsablauf und Organisationsgeräten ist hoher ökonomischer Nutzeffekt zu erreichen.

ABB - UNI - HÄNGE - REGISTRATUREN
Schriftgutablage - Verträge
Rechenprogramme - Umdruckoriginale

ABB - DISKO - SICHT - SYSTEME
für Disposition u. Kontrolle,
Material, Absatz, Kader, F/E, TKO u. a.

ABB - UNI - STATISTIK - GERÄTE
Planung, Leitung und Kontrolle
von Arbeitsabläufen und Kennziffern

ABB - ORG - EINRICHTUNGEN
Org-Geräte u. Ordnungsmittel
für man. u. masch. D-Arbeitsverfahren

Unser Beratungsdienst steht Ihnen zur Verfügung.

ABB-ORGANISATION Müldner & Knorr
DRESDEN - WEISSER HIRSCH

Leipziger Messe: Specks Hof, 4. Stock

3.1 Mechanisierung [6] [7]

Im Rahmen der Mechanisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung wird die Ausarbeitung der technologischen Arbeitsinformationen im Prinzip noch nach der herkömmlichen Art unter Zuhilfenahme der bekannten Hilfsmittel wie Schnittwerttabellen, Zeitnormativen usw. durchgeführt. Durch die Systematisierung des dazu erforderlichen Arbeitsablaufes z. B. auf der Basis typisierter technologischer Prozesse für formähnliche Teile bzw. durch die Aufstellung von Rahmenarbeitsplänen für gleichartige technologische Prozesse (wie z. B. Wärmebehandlung, Oberflächenveredlung usw.) kann jedoch ein Rationalisierungseffekt durch den damit ermöglichten sinnvollen Einsatz von Schreibautomaten, Lochstreifen-Lochkartenumsetzern u. a. erzielt werden (Bild 2). Dabei wird so vorgegangen, daß z. B. für formähnliche Teile Rahmenarbeitspläne ausgearbeitet werden, die in Lochstreifenform vorliegen. Diese Pläne enthalten alle über den Fertigungsablauf eines Werkstücks erforderlichen allgemeinen Angaben in Textform. Dabei fehlen nur die Daten, die sich auf ein konkretes Teil beziehen (z. B. Zeichnungsnummer, geometrische Informationen, Schnittwerte, Normzeiten). Diese offenen Stellen erhalten nun eine fortlaufende Adresse. Der Technologe braucht bei der Arbeitsvorbereitung für ein neues Teil nur die zur jeweiligen Adresse gehörenden Daten zu ermitteln und aufzuschreiben. Die so entstehende „Adressenliste“ wird mit einem Schreibautomaten abgeschrieben und der dabei entstehende Lochstreifen mit dem Lochstreifen des Rahmenarbeitsplanes wieder auf dem Schreibautomaten gemischt. Damit entsteht der geschriebene Arbeitsplan und ein inhaltsgleicher Lochstreifen, der dann zur Herstellung von Laufzetteln oder in Verbindung mit Lochstreifen-Lochkartenumsetzern und Selektierprogrammen zur Anfertigung von Lochkarten zur Produktionsplanung usw. dienen kann.

Der Fertigungsprozeß eines Teils wird dabei in Arbeitsphasen unterteilt, wobei in jeder Phase, die in der Regel mehrere Arbeitsgänge umfaßt, verschiedene Fertigungsvarianten zugelassen sind (Bild 3). Für jede Fertigungsvariante existiert ein Rahmenarbeitsplan in Lochstreifenform. Der Technologe ermittelt nun zunächst die Schlüsselnummer für den gesamten

Arbeitsablauf und fertigt die zur jeweiligen Fertigungsvariante zugeordnete Adressenliste an. Die Sachbearbeiterin am Schreibautomat braucht dann nur noch den schreibtechnischen Teil der Arbeitsvorbereitung zu erledigen. Bei der Einführung von Mechanisierungsverfahren lassen sich im wesentlichen folgende Vorteile erkennen:

- Zwang zur Systematisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung,
- Reduzierung des zeitlichen und kostenmäßigen Aufwandes,
- Erleichterungen beim Änderungsdienst,
- Reduzierung von Zeit und Kosten bei der Anfertigung von Organisationshilfsmitteln,
- Konzentration des Technologen auf die Ausarbeitung weniger Daten, Wegfall überflüssiger Schreibarbeit,
- Reduzierung von Übertragungsfehlern.

In diesem Zusammenhang soll auf die z. T. mögliche Erweiterung der Mechanisierungsverfahren durch den Einsatz von kleinen Datenverarbeitungsanlagen zur Ausarbeitung der Adressenliste hingewiesen werden (Bild 4). Durch die vorhandenen Rahmenarbeitspläne braucht der Speicher einer solchen Anlage nicht mit diesen Daten belastet werden.

3.2 Teilautomatisierung [8... 16]

Charakteristisch für die Teilautomatisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung ist der Einsatz algorithmischer Sprachen. Zur Ausarbeitung der technologischen Arbeitsinformationen stehen dem Technologen bei der Anwendung dieser Sprachen jeweils ein bestimmtes Vokabularium sowie ein syntaktischer Formalismus zur Verfügung, unter deren Beachtung er sein zu lösendes Problem beschreiben muß. In der Regel handelt es sich hier neben allgemeinen Hinweisen um Angaben über die geometrische Konfiguration des zu bearbeitenden Werkstücks sowie um technologische Anweisungen über den gewünschten Arbeitsablauf. Diese Beschreibung erfolgt durch den Technologen in einer sehr groben Form, während sich die EDVA die Festlegung und Ausarbeitung der

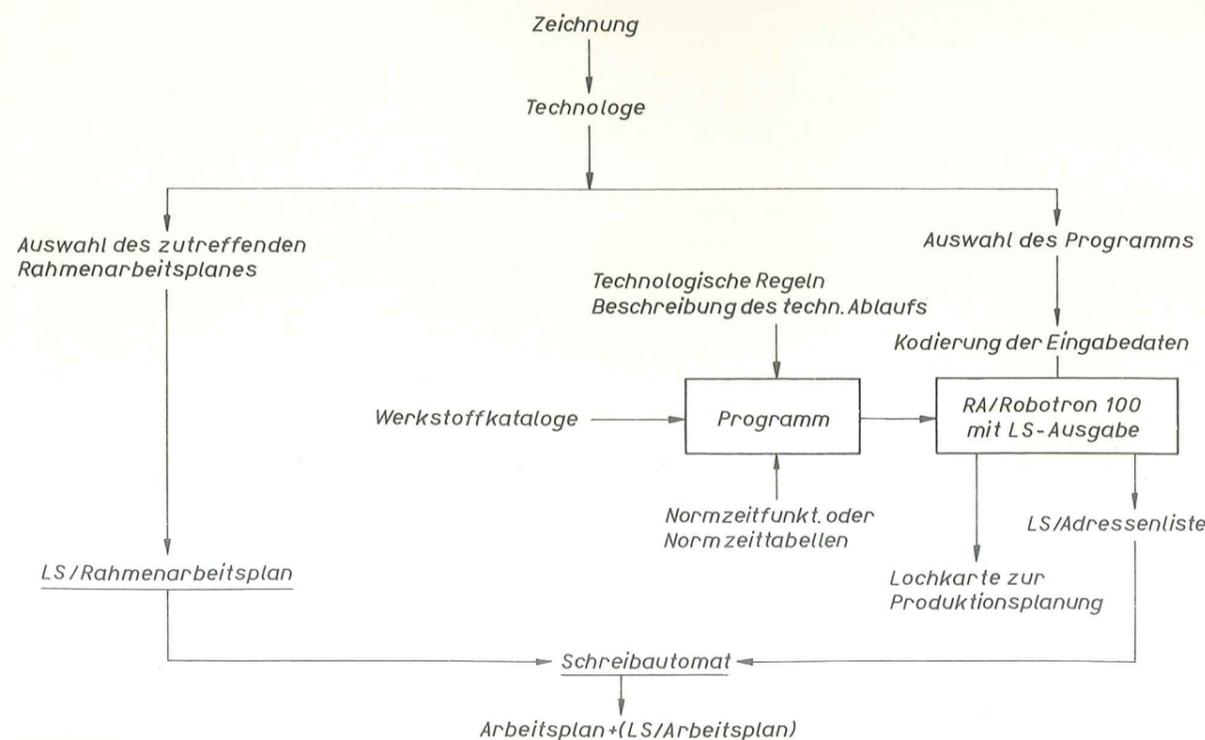
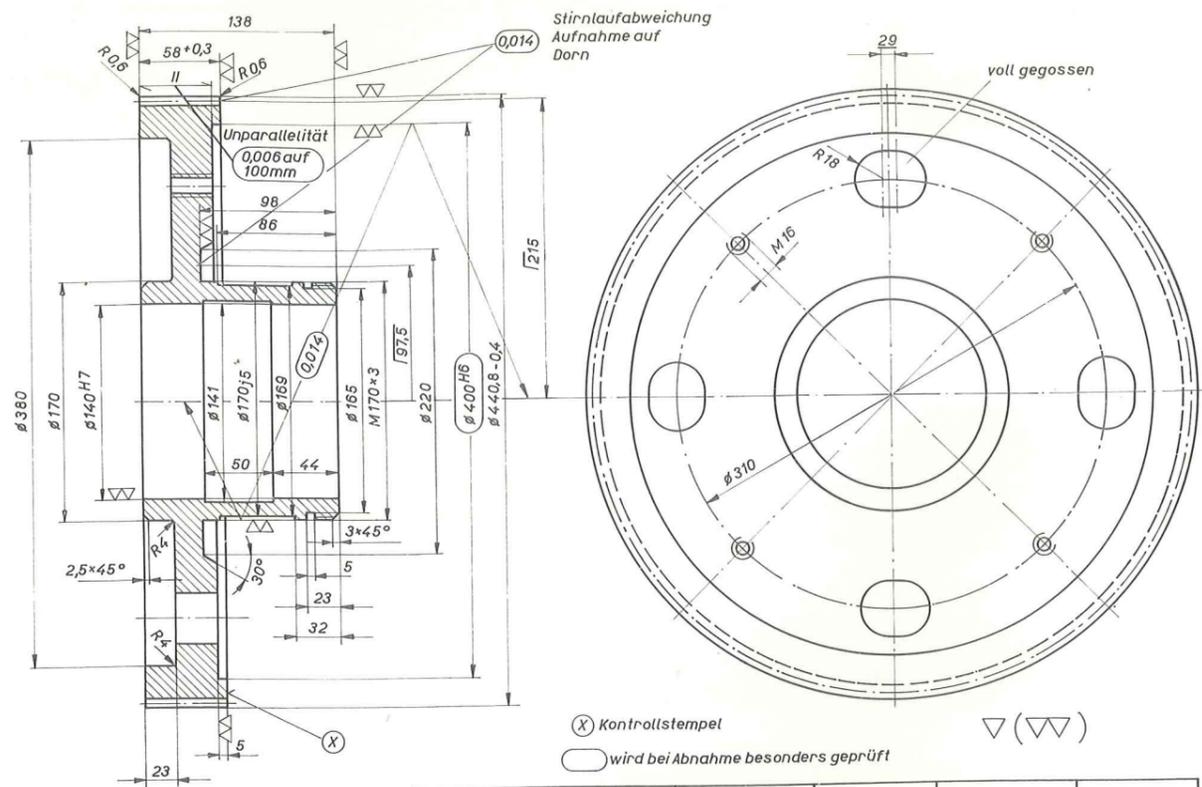


Bild 4



Teilkreis ϕd_o	430,199	Schrägung α B	23°	Zahnmeßweite W mit Flankenspiel	133,126-0,02
Zähnezahl z	88	Steigungsricht.	links	gemessen ü. z.	10 Zähne
Normalmodul m_n	4,5	Profilverschiebungsfaktor x	+0,178 360	Flankenspiel S_e	0,02
Stirnmodul m_s	4,88862	Achsen α ϕ		Gegenrad	
Eingriffs α	20°	Achsenabstand	431,8	Zahnradtoleranzen r	APN 5370

Zahnkranz

Bild 5

umfangreichen Details übernimmt. Dabei ist je nach dem beabsichtigten Ziel der entworfenen Compiler in diesen eine mehr oder weniger weitgehende Ermittlung technologischer Parameter vorgesehen, wie z. B. automatische Werkzeugbestimmung, Festlegung von Arbeitsstufenfolgen, Bestimmung der Bearbeitungsbedingungen, Normzeitermittlung usw. Der Rationalisierungseffekt steigt mit der Komplexität der vorliegenden technologischen Probleme und mit dem erforderlichen Umfang der benötigten technologischen Arbeitsinformationen progressiv. Es muß jedoch beachtet werden, daß der individuelle Einfluß des Technologen auf den Arbeitsablauf in gewissem Maße erhalten bleibt, denn die EDVA prüft die vorgegebenen Formulierungen im wesentlichen nur auf syntaktische Fehler und ermittelt spezifische Details. Falsche Befehle, z. B. über die Hierarchie des Arbeitsablaufes oder fehlerhafte Maßangaben u. a. werden aber vom Rechner kritiklos verarbeitet. Mehrere Technologen können deshalb auch bei Verwendung algorithmischer Sprachen durchaus unterschiedliche Arbeitsfolgen für ein gleiches Teil erzeugen.

Weit verbreitet sind solche Sprachen für die maschinelle Programmierung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen. Für die Darstellung von Einzelheiten und Anwendungsbeispielen hierzu sei auf die in diesem Heft erläuterte Symbolsprache SYMAP sowie auf die diesbezüglich vorliegenden umfangreichen Veröffentlichungen verwiesen.

Bisher nicht gelöst ist die Frage der Anwendung algorithmischer Sprachen zur Arbeitsvorbereitung konventioneller Werkzeugmaschinen, obwohl dazu keine grundsätzlichen Hindernisse bestehen. Eine Ursache dafür liegt wohl in der zunächst unklaren Situation über die ökonomischen Vorteile solcher Compiler. Während bei der numerisch gesteuerten Maschine der erforderliche Aufwand der äußeren Datenverarbeitung mit der Komplexität der zu fertigenden Werkstücke wächst, bedingt durch die numerische Festlegung aller beim Fertigungsprozeß zu absolvierenden Weg- und Schaltinformationen, ist die Darstellung der technologischen Arbeitsinformationen bei konventionellen Werkzeugmaschinen relativ roh, da hier immer noch der Mensch als Informationswandler an der Maschine steht. Es ist jedoch zu erwarten, daß in zunehmendem Maße diese Sprachen auch in diesem Bereich zur Anwendung gelangen werden, vor allem dort, wo eine algorithmische Beschreibung technologischer Prozesse zu kompliziert wird oder unökonomisch ist.

3.3 Automatisierung [17...25]

Die Automatisierung der technologischen Fertigungsverfahren wird dadurch charakterisiert, daß in Verbindung mit Rechenautomaten Programme zur „algorithmischen Beschreibung technologischer Prozesse“ zur Anwendung gelangen. Unter einer algorithmischen Beschreibung technologischer Prozesse verstehen wir dabei die vollständige Erfassung und

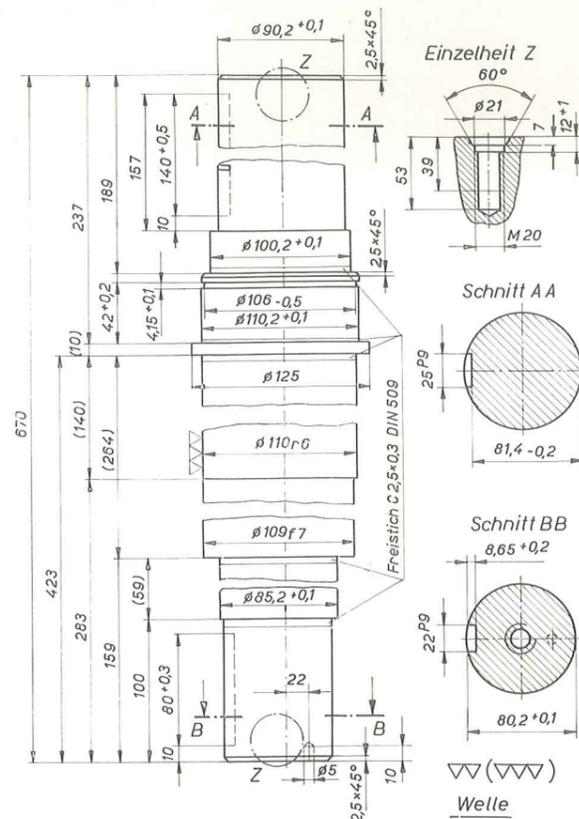


Bild 6

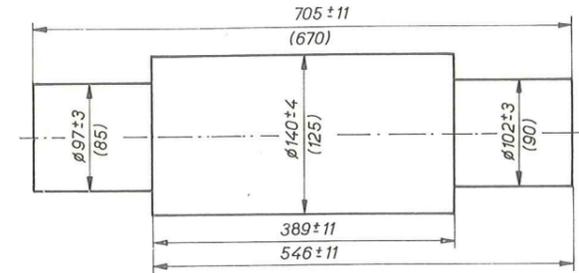


Bild 7: Schmiedezeichnung

Darstellung aller mathematischen, empirischen und logischen Beziehungen innerhalb eines vorgesehene Wirkungsbereiches, die zur Aufstellung der technologischen Arbeitsinformationen erforderlich sind.

Nach der Vorgabe eines entsprechend codierten Minimums an Eingabeinformationen, die in der Regel nur den Angaben der Zeichnung entsprechen und die Stückzahl berücksichtigen, bestimmt eine Datenverarbeitungsanlage automatisch den Arbeitsablauf (Anzahl und Reihenfolge der Arbeitsgänge und Arbeitsstufen), wählt die Aufnahmeflächen und Spannmittel aus, bestimmt die Werkzeuge und Meßmittel, legt die Werkzeugbestückung fest und führt deren Prüfung aus, ermittelt die Normzeiten und den Stückpreis, liefert die Organisationshilfsmittel usw. Ein Beispiel für eine solche algorithmische Beschreibung technologischer Prozesse stellt das in diesem Heft erläuterte Programm AUTOTECH/Revolverdrehen dar.

Voraussetzung zur Anwendung solcher Programme ist jedoch die durch eine systemanalytische Durchdringung des jeweiligen Anwendungsgebietes mögliche exakte Fassung und Festlegung der technologischen Entscheidungskriterien und der Hierarchie der technologischen Regeln und Gesetze. Das Programm simuliert gewissermaßen die Arbeit des „idealen“ Technologen. Die Aufstellung solcher Programme ist eine

wissenschaftlich außerordentlich interessante Aufgabe, bedingt aber eine neue Qualität der technologischen Festlegungen, gestaltet sich daher sehr langwierig und fordert erhebliche finanzielle Aufwendungen.

Der Wert dieser Bemühungen ist jedoch ein Programm, das ein dem Optimum nahestehendes Ergebnis zu liefern imstande ist und das weitgehend alle subjektiven Einflüsse aus dem Bereich der Fertigungsvorbereitung entfernt.

Die ersten Forschungsergebnisse dazu sind 1958 aus der Sowjetunion bekanntgeworden [17], wo auch heute konzentriert an dieser Aufgabe gearbeitet wird. Die dort z. Z. erreichte Leistungsfähigkeit solcher Programme ist aus den Bildern 5 und 6 zu ersehen. Für die abgebildeten Werkstücke ist man in der Lage, die gesamten technologischen Arbeitsinformationen in Form von ausgedruckten Arbeitsplänen für die Haupt- und Nebenformgebung einschließlich Rohformbestimmung automatisch durch EDVA nur nach Vorgabe der codierten geometrischen Informationen und der Stückzahl der Teile herzustellen. Bild 7 z. B. zeigt die vom Rechner für das Werkstück nach Bild 6 ermittelte und ausgedruckte Rohform des anzufertigenden Schmiedestückes [18...21]

Der Umfang solcher Programme ist beachtlich und beträgt z. B. für die vorstehenden Beispiele etwa 120 000 Befehle. Dagegen ist die erforderliche Rechenzeit relativ gering, da von dem gesamten Algorithmus zur Lösung einer konkreten Aufgabe jeweils nur ca. ein Drittel der für den Anwendungsbereich vorliegenden Regeln beansprucht wird und kaum Iterationen auftreten.

Da diese Programme nur dann ökonomisch eingesetzt sind, wenn sie in mehreren Betrieben gleichzeitig zur Anwendung gelangen, muß bei deren Entwicklung darauf geachtet werden, daß die Möglichkeit vorhanden ist, einen allgemeinen Algorithmus an die verschiedenen betriebsspezifischen Bedingungen anzupassen. Diese betriebsspezifischen

Netzwerk-Diagramme
auf KF-Dispo-Netzplan-Gerät
(DPat.)
mit Weiterführung
zur Zeitdisposition

Kapazitäts-Bilanzierung
des Produktionsplanes auf
KF-Dispo-Plan-Gerät

Termingerechte Durchführung
aller Vorhaben
mit KF-Dispositions- und
Planungs-Verfahren
kontrollieren

KARL FRECH
Buchhaltungs- und
Betriebsorganisation
8027 Dresden
Einsteinstraße 8, Tel. 43337

Zur Messe in Leipzig Specks Hof IV, Stock Tel. 278 50

1. Allg. Angaben		2. Spez. Angaben über den Arbeitsablauf	
Sachnummer des Einzelteils	Nr. der Arbeitsstufe	Anzahl der Werkzeuge, die gleichzeitig im Eingriff sind	
Arbeitsgang Nr.	Bearbeitungsart (z. B. Anbohren, Zentrieren, Reiben)	Entscheidung über Vor- und Fertigdrehen	
Anzahl der Arbeitsstufen	Code des Vorschubs (z. B. Längsdrehen, Reiben, Bohren)	Spantiefe a	
Werkstoff	Bearbeitungslänge einschließlich An- und Überlauf	Gewindesteigung	
Rohteilart (z. B. Guß-, Schmiedeteil)	Anfangszustand der Oberfläche	geforderter Oberflächengüte	
Rohteilabmessungen	Art des Werkzeugs	Art der Werkzeugaft-abmessungen	
Masse des Rohteils	Werkzeugeinstellung (z. B. Anschlag, Index)	Werkzeugeinstellung (z. B. Anschlagstellen u. a.)	
Werkzeugmaschine	Angabe, wo Werkzeuge eingespannt sind (Revolverkopf, Support)	Qualität	
Gütegrad der WM	Umspannen erforderlich	Meßzeuge	
Werkstückspannung (z. B. Futter, Patrone usw.)	Art der Werkstückspannung (pneumatisch, mechanisch, usw.)		
Umspannen erforderlich	Angabe über Arbeitsverrichtungen, die t _A beeinflussen (z. B. Anschlagstellen u. a.)		
Art der Werkstückspannung (pneumatisch, mechanisch, usw.)			
Angabe über Arbeitsverrichtungen, die t _A beeinflussen (z. B. Anschlagstellen u. a.)			
Fertigungsart (Serien-, Großserien-, Massenfertigung)			
Losgröße			

Bild 8: Codierungsschema zur Normzeitbestimmung

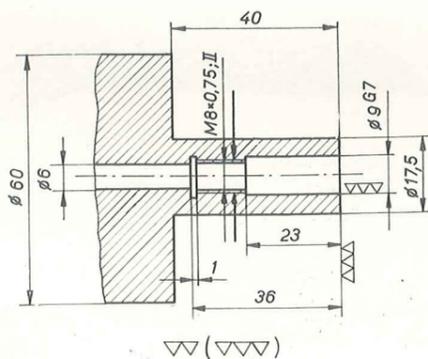


Bild 9: Beispiel für Normzeitbestimmung Arbeitsablauf

1. . . .
2. Ø 9 G7 auf Ø 9 anbohren
3. Ø 9 G7 auf Ø 8,5 × 23 bohren
4. Ø 7 für M8 × 0,75 × 13 bohren
5. Ø 6 auf Ø 5,5 × 14 bohren
6. Einstich 1 breit × 0,6 tief drehen
7. Gewindeschneiden mit Gewindebohrer M8 × 0,75; II
8. Ø 9 G7 auf Ø 8,9 aufsenken
9. Ø 9 G7 × 23 reiben
10. Ø 17,5 × 40 fertigdrehen
11. anschließende Planfläche fertigdrehen
12. Stirnfläche fertigdrehen

Bedingungen bestehen z. B. in Unterschieden zwischen den Betrieben in bezug auf die differenzierten technologischen Voraussetzungen, die vorliegende Qualifikation der Arbeitskräfte, im Belegwesen u. a. Weiterhin kann der betriebliche Ablauf technologische Entscheidungen erfordern, die das Programm anders lösen würde, z. B. Auswahl von Maschinen nach produktionsorganisatorischen Gesichtspunkten u. a.

Arbeitsstufe	Anzahl (der *) Werkzeuge	a	s _{Masch}	v	n _{Masch}	t _G	t _H	t _{H Messen}
1.	1	4,50	0,12	22,0	777	0,17	0,04	0,00
2.	1	4,25	0,18	40,0	1500	0,11	0,11	0,00
3.	1	3,50	0,12	33,0	1500	0,10	0,11	0,00
4.	1	2,75	0,12	25,9	1500	0,10	0,11	0,00
5.	1	1,00	0,06	38,6	1500	0,40	0,04	0,00
6.	1	0,00	0,75	6,9	274	0,18	0,22	0,06
7.	1	0,15	0,35	41,4	1500	0,05	0,11	0,00
8.	1	0,10	0,18	5,3	188	0,83	0,11	0,02
9.	1	0,50	0,18	87,1	1500	0,17	0,11	0,01
10.	1	2,00	0,17	282,6	1500	0,10	0,09	0,00
11.	1	2,00	0,17	82,4	1500	0,03	0,09	0,01
12.	1	2,00	0,17	82,4	1500	0,03	0,09	0,01

Σ t _G	Σ t _t	t _H Einspannen	t _E +t _W	t _S	t _A	t _N /n	t _N **
2,82	2,83	0,16	0,57	6,22	68,00	7,58	378,89

Anmerkung:

*1) Anzahl der Werkzeuge, die gleichzeitig im Eingriff stehen

**2) t_N = t_A + t_S · n

(x) = gilt für Pos. 1... 12

Bild 10. Beispiel für Normzeitbestimmung

Hier muß einmal das Codierungsschema gewisse Eingriffsmöglichkeiten in den Programmablauf durch den Technologen zulassen. Zum anderen muß die Anpassung der betriebsspezifischen Bedingungen an die allgemeine Form des Programms durch die Schaffung der Möglichkeit der individuellen Fassung bestimmter Entscheidungstabellen berücksichtigt werden.

Für Betriebe, die bisher schon sehr detailliert die Aufstellung der technologischen Arbeitsinformationen sowie eine exakte Normzeitbestimmung vorgenommen haben, bietet sich eine Teillösung der algorithmischen Beschreibung technologischer Prozesse an, die ebenfalls schon in der Sowjetunion praktiziert wird [24] [25]. Man gibt dabei einer EDVA sehr genau den vom Technologen erarbeiteten Arbeitsablauf vor (Codierungsschema Bild 8) und erhält automatisch die Bearbeitungsparameter sowie die Normzeitbestimmung. Ein Beispiel dazu zeigen die Bilder 9 und 10.

In jüngster Zeit scheint man sich auch in den USA mit diesen Problemen zu befassen. Erste Arbeiten sind dazu unter dem Begriff „regenerative Werkstattplanung“ bekannt geworden [26].

Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Ausführungen sollte ein allgemeiner Überblick über die Rationalisierung der technologischen Fertigungsvorbereitung durch den Einsatz von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen gegeben werden. Dieses Gebiet stellt einen neuen Einsatzbereich der Rechentechnik dar, der im nächsten Jahrzehnt wesentlich die Arbeitsweise im Bereich der Technologie verändern wird, sowohl in bezug auf die wissenschaftlich-technischen Forschungen als auch im Hinblick auf die praktische Anwendung. Ausgehend von der Einführung erster Beispiele, z. B. Symbolsprachen zur Arbeitsvorbereitung numerisch gesteuerter Maschinen oder Programme zur automatischen Herstellung von technologischen Arbeitsinformationen für konventionelle Werkzeugmaschinen, werden schrittweise die Voraussetzungen zur Schaffung eines

(Schluß auf Seite 10)

SYMAP — eine Symbolsprache zur maschinellen Programmierung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen

Dipl.-Math. H. Richter, Dipl.-Ing. H. Fischer,
Dipl.-Ing. W. Hellmuth, Dipl.-Ing. W. Froberg

1. Einleitung

SYMAP stellt die Abkürzung der Bezeichnung „SYMBOLsprache zur MASchinellen Programmierung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen“ dar. Der wirtschaftliche Einsatz der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen hängt wesentlich von der rationalen Lösung der Programmierung ab. Als wirksames Hilfsmittel bieten sich hierfür die elektronischen Rechenanlagen an.

Für die Anwendung der modernen Rechentechnik liegen sehr günstige Bedingungen vor. Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen sind mit automatischen Meß- und Steuereinrichtungen ausgerüstet. Kennzeichnend für die Arbeitsweise dieser Maschinen ist, daß sie durch Informationen gesteuert werden, die auf einem Informationsträger — z. B. Lochstreifen — als Steuerprogramm enthalten sind. Wesentlich ist, daß zur Steuerung in numerischer (oder alpha-numerischer) Form vorgegebene Informationen verwendet werden. Hiermit kann eine bisher nicht gekannte Flexibilität der Produktion erreicht werden. Dies und die gegenüber konventionellen Werkzeugmaschinen wesentlich höheren Anschaffungskosten bedingen, daß die numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen wirtschaftlich im Bereich der Einzel- und Kleinserienfertigung einzusetzen sind. Hieraus ergibt sich, daß für jede numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine laufend neue Steuerprogramme benötigt werden.

Die Programmierung wird damit zu einem entscheidenden Faktor für den wirtschaftlichen Einsatz. Die heutzutage noch vielfach angewendete manuelle Programmierung ist an sich nicht besonders schwierig. Sie erfordert jedoch einen hohen Zeit- und Kostenaufwand. Bedingt ist dies vor allem durch einen hohen Anteil von Routinearbeiten.

Hierzu können beispielsweise das Errechnen und Auflisten von Koordinatenwerten, die Bestimmung der Spindeldrehzahlen und Vorschübe, das Zusammenstellen und das Abhaken des detaillierten Steuerprogramms gezählt werden.

Bei der maschinellen Programmierung werden diese Arbeiten von einem Digitalrechner übernommen. Auf diese Weise können die anfallenden Aufgaben sicherer, schneller und billiger gelöst werden.

Seit einigen Jahren wird die maschinelle Programmierung numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen mit Hilfe von Digitalrechnern in allen Ländern betrieben, die ernsthaft an der Entwicklung der Produktion und dem Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen beteiligt sind.

Der gegenwärtig ersichtliche Anwendungsbereich der maschinellen Programmierung erstreckt sich auf numerisch gesteuerte

- Bohrmaschinen,
- Fräsmaschinen,
- Schleifmaschinen,
- Stanzmaschinen,
- Bohr- und Fräswerke,
- Bearbeitungszentren,
- Drehmaschinen,
- Brennschneidemaschinen,
- Zeichenmaschinen,
- Sondermaschinen.

Die maschinelle Programmierung ist demnach nicht nur für Werkzeugmaschinen, sondern für alle numerisch gesteuerten Maschinen anwendbar. Es handelt sich also um ein breites und in Zukunft volkswirtschaftlich sehr bedeutsames Einsatzgebiet. Die maschinelle Programmierung bietet gegenüber der manuellen im allgemeinen folgende Vorteile:

- Zeit- und Kosteneinsparungen,
- einheitliche Programmiersprache für verschiedene Werkzeugmaschinentypen,
- Erleichterung der Programmierarbeit,
- Verringerung der Fehlerhäufigkeit,
- Vereinfachung der Durchführung von Programmänderungen.

Die Zeit- und Kosteneinsparungen sind umso größer, je vielfältiger das zu bearbeitende Werkstück und je umfangreicher die erforderliche Programmierung ist. Bei komplizierten Werkstücken ist die manuelle Programmierung infolge des hohen Zeitaufwandes praktisch nicht mehr durchführbar. Die maschinelle Programmierung führt somit auch zu einer Erweiterung des Einsatzbereiches der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen.

Ein wirkungsvoller Einsatz der Rechentechnik läßt sich erreichen, wenn die erforderliche Beschreibung des Werkstückes und der Technologie mit Hilfe einer problemorientierten Symbolsprache erfolgen kann.

Eine derartige Symbolsprache muß eine einfache Beschreibung der fertigungstechnischen Aufgabenstellungen ermöglichen. Die Symbolsprache soll so einfach und so leicht erlernbar sein, daß interessierte Facharbeiter nach einer kurzzeitigen Schulung als Werkstückprogrammierer eingesetzt werden können.

Andererseits soll der Aufbau der Symbolsprache aber auch so beschaffen sein, daß sie vom Digitalrechner möglichst gut verarbeitet werden kann. Die Symbolsprache SYMAP ist so aufgebaut, daß diesen Forderungen weitestgehend Rechnung getragen wird.

2. Struktur des SYMAP-Systems

2.1 Übersicht

Das SYMAP-System ist in einer Reihe von selbständigen Teilsystemen aufgegliedert. Entsprechend der Aufteilung der Steuerungen bzw. der Werkzeugmaschinen ergibt sich vorerst folgende Grobaufteilung:

- SYMAP (P) für Punkt-Steuerungen
- SYMAP (S) für Strecken-Steuerungen
- SYMAP (B) für Bahn-Steuerungen
- SYMAP (DS) für Drehmaschinen mit Strecken-Steuerung.

Durch Hinzufügen weiterer Sprachteile, etwa für Drehen mit Bahnsteuerung oder für ein kombiniertes Punkt-Strecken-Steuerungssystem, kann das System bei Bedarf erweitert werden. Die einzelnen Sprachteile stimmen in ihrer Struktur

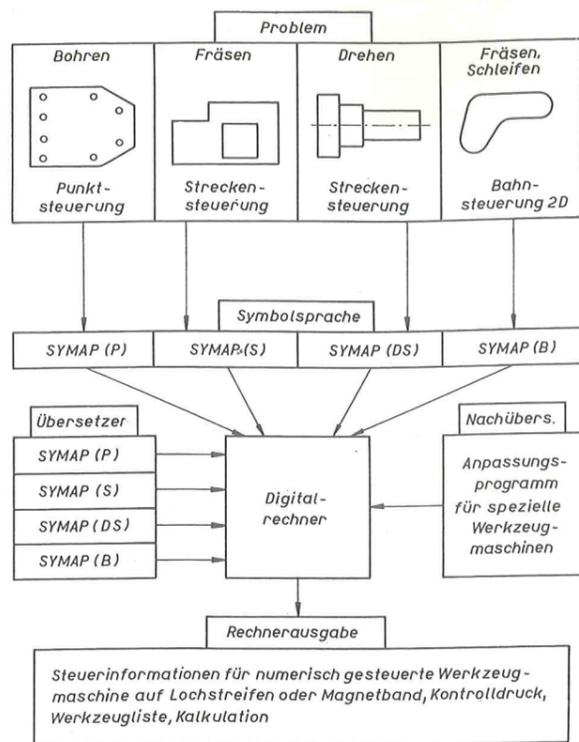


Bild 1: Ablaufschema der maschinellen Programmierung von Werkzeugmaschinen beim SYMAP-System

überein. Gleiche Sprachelemente werden in allen Sprachteilen gleichartig dargestellt. Jede Teilsprache besitzt eine selbständige Bedeutung.

Die Zerlegung in mehrere Sprachteile kommt der Anwendung von mittleren Digitalrechnern entgegen. In Abhängigkeit von der Größe des zur Verfügung stehenden Digitalrechners können außerdem zu jedem Sprachteil unterschiedliche Ausbaustufen realisiert werden. In Bild 1 ist das Ablaufschema der maschinellen Programmierung von Werkzeugmaschinen für das SYMAP-System dargestellt.

Vorgegeben sei eine Bearbeitungsaufgabe, die mit einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine gelöst werden soll.

Mit Hilfe der Symbolsprache bzw. eines Sprachteiles derselben, wird die vorliegende Bearbeitungsaufgabe vom Werkstückprogrammierer formuliert. Im Vergleich zur ausführlichen manuellen Programmierung ist der hierbei anfallende Arbeitsaufwand gering.

Die unter Verwendung der Symbolsprache dargestellten Informationen bilden das Quellenprogramm. Mit Hilfe eines zuvor in den Digitalrechner eingebrachten Übersetzungsprogrammes (Processor) für den betreffenden Sprachteil wird das über Lochstreifen oder Lochkarten des betreffenden Digitalrechners überführt. Hierauf folgt eine einheitliche Verarbeitung der Informationen, bei der die speziellen Anforderungen der betreffenden Werkzeugmaschinensteuerung noch nicht berücksichtigt werden.

Im Anschluß daran wird die detaillierte Ausarbeitung des Steuerprogrammes für eine spezielle Werkzeugmaschine und die zugehörige Steuerung durch ein entsprechendes Anpassungsprogramm (Postprocessor) bewirkt. Erst durch die hiermit erfolgende Nachübersetzung wird eine universelle Anwendbarkeit des Programmiersystems gewährleistet. Der Digitalrechner gibt die Steuerinformationen für die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine auf Lochstreifen oder eventuell auf Magnetband aus. Zusätzlich werden Kontrolldrucke über die Eingangsinformationen, das Steuerprogramm und die Werkzeugliste ausgegeben. Außerdem kann eine Zeitkalkulation ausgedruckt werden.

2.2 Das SYMAP-Formular

Die Anwendung des SYMAP-Systems erfolgt zweckmäßig unter Verwendung eines besonderen Eingabeformulars. (Bild 2) Hiermit wird eine größtmögliche Übersichtlichkeit gewährleistet. Prinzipiell könnten die SYMAP-Formulierungen jedoch auch im freien Format vorgegeben werden.

Im folgenden wird das SYMAP-Formular als festes Eingabeformat zugrunde gelegt. Das SYMAP-Formular ist in die Spalten für Laufende Nr., Befehlswort, Variable, Definitionswort und die Parameterliste aufgeteilt.

Durch ein Definitionswort und die zugehörige Parameterliste können Elemente definiert werden. Ein derart definiertes Element kann durch eine Variablenbezeichnung gekennzeichnet werden. Mit den Befehlsworten kann auf den Ablauf des Rechenprogrammes und auf die Gestaltung des für die numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine erforderlichen Steuerprogrammes Einfluß genommen werden.

Lfd. Nr.	Befehlswort	Variable	Definitionswort	Parameterliste						
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	

Bild 2: SYMAP-Formular

Die laufende Nr. kann zur Numerierung der Programmzeilen verwendet werden. In der Parameterliste können Zahlen, Variablenbezeichnungen und zur Symbolsprache gehörige Markierungen und Modifikationsworte stehen.

3. Aufbau der SYMAP-Sprache

3.1. Zeichen

Zu unterscheiden sind Buchstaben, Ziffern und sonstige Zeichen.

3.1.1 Buchstaben

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Klein- und Großbuchstaben sind gleichwertige Zeichen.

3.1.2 Ziffern

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

3.1.3 Sonstige Zeichen

— (Vorzeichen, + wird nicht geschrieben)
 . (Dezimalpunkt)
 , TAB (gleichberechtigte Worttrennzeichen)
 <≡ (Wagenrücklauf mit Zeilensprung, Zeilentrennzeichen)

3.2. Worte

Wir unterscheiden Worte der Symbolsprache, Variablenbezeichnungen und Zahlen.

3.2.1 Worte der Symbolsprache

Die Worte der Symbolsprache beginnen stets mit einem Buchstaben. Sie bestehen aus maximal 6 Zeichen und werden

nur aus Buchstaben und Ziffern gebildet. Zu den Worten der Symbolsprache gehören Befehlsworte, Definitionsworte, Modifikationsworte und Markierungen.

3.2.1.1 Befehlsworte

Befehlsworte dienen zur Vorgabe von Anweisungen. Direkten Einfluß auf den Ablauf des Rechenprogrammes nehmen beispielsweise Befehlsworte wie

PROGR	Programm
BLOCK	Block
ENDE	Ende

Das Werkzeugmaschinenprogramm betreffende Anweisungen werden beispielsweise durch folgende Befehlsworte vorgegeben:

START	Start
BVWS	Bewegung vorwärts
KUEEIN	Kühlmittel ein
WERTS	Werkzeug rechts
STOP	Stop der Werkzeugmaschine

3.2.1.2 Definitionsworte

Ein Definitionswort bezeichnet jeweils ein Unterprogramm, das zur Verarbeitung der Definition eines Elementes, etwa eines Kreises, einer Geraden, eines Punktes, eines Werkzeuges oder einer Technologie dient.

Beispiele für Definitionsworte:

PXY	Punkt definiert durch seine X-, Y-Koordinaten
KXYR	Kreis definiert durch Mittelpunkt X, Y und Radius R
SPIBO	Spiralbohrer (Werkzeugdefinitionswort)
GEWI	Gewindeschneiden (Definitionswort für einen technologischen Ablauf)

3.2.1.3 Modifikationsworte

Bei gewissen Definitionen sind verschiedene Modifikationen, d. h. verschiedene Fälle zu unterscheiden. Die Modifikationsworte dienen zur näheren Bestimmung einer Definition. So ist beispielsweise die Definition einer durch einen Punkt gehenden und an einen Kreis tangierenden Geraden modifizierbar. Durch die Modifikationsworte RTS (rechts) bzw. LKS (links) kann die gewünschte Gerade festgelegt werden, (Bild 3).

Die Menge der Modifikationsworte zerfällt in Modifikationsuntergruppen. So gibt es beispielsweise die Modifikationsuntergruppe „x-, y-Vergleich“, der die Modifikationsworte

(Schluß von Seite 8)

umfangreichen Programmsystems entstehen. Wichtige Impulse für die Vereinheitlichung des Belegwesens sowie für die integrierte Datenverarbeitung überhaupt sind dabei von diesen Arbeiten zu erwarten. Mit der Realisierung dieser Ziele wird ein bedeutender Schritt zur Rationalisierung der technischen Produktionsvorbereitung eingeleitet.

Literatur

[1] Spynu, G. A.: „Fragen der Schaffung und Anwendung digitaler Systeme zur komplexen Automation der Maschinenbauproduktion“. Wissenschaftlich-techn. Sammelband des Instituts für technische Kybernetik (ITK): Rechentechnik im Maschinenbau, Minsk, Januar 1966, S. 3–19 (russ.)
 [2] Herrmann, I.: „Technisch-organisatorische Probleme in der Fertigungstechnik“. Industrie-Anzeiger (88) Nr. 41–24. 5. 1966, S. 97–104
 [3] Kirchner, U.: „Der Weg zur integrierten Datenverarbeitung in der Produktion“. Industrie-Anzeiger (88) Nr. 12–11. 2. 1966
 [4] Simon, W.: „Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen“. München, Hauser-Verlag 1963

[5] Woithe, Schmigalla: „Einsatz von EDVA bei der Projektierung von Betriebsanlagen der metallverarbeitenden Industrie“. Persönliche Mitteilung des Instituts für Projektierung, Ökonomie und Arbeitsgestaltung des Maschinenbaubetriebes der TH Magdeburg (nicht veröffentlicht)
 [6] Roschmann, K.: „Lochstreifengesteuerte Schreibmaschinen in der Arbeitsvorbereitung“. Werkstattstechnik (54) 1964, Heft 3, S. 102 bis 109
 [7] Kretschmer, G.: „Rationalisierung in der Arbeitsvorbereitung durch Kombination konventioneller Lochkartentechnik mit modernen Buchungsaufbauautomaten mittels Lochstreifen“. Automatik 1962, H. 4, S. 146–149
 [8] Müller-Traut, R. und Jantzen, K.: „Programmierung einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine mit Hilfe eines Rechners“. Werkstattstechnik 53 (1963) H. 12, S. 699–703
 [9] Thomas, R. A.: „The language of tape“. American Machinist 108 (1964) H. 1, S. 73–80
 [10] Müller-Traut, Opferkuch: „Generalisierter AUTOSPOT — Postprocessor für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen“. IBM-Nachrichten (Aug. 1965) 573, S. 2728–2751
 [11] Stöckmann, P.: „Technologische Optimierung beim automatischen Programmieren einer numerisch gesteuerten Drehmaschine“. Werkstatt und Betrieb (99) 1966, H. 3, S. 165–169
 [12] Richter, G.: „Aufbau und praktische Anwendung des AUTOPIT-Systems“. Werkstatt und Betrieb (99), 1966, Heft 3, S. 169–175

[13] ICT Technical Publication 3317. „MILMAP-Milwaukee-Matic-Programm“. 1. Auflage Sept. 1965
 [14] Kelley, R. A.: „APT — ADAPT“. American Machinist 108 (1964) 13, S. 97–112
 [15] Richter, H. und Hüther, B.: „Maschinelle Programmierung von bahngesteuerten Fräsmaschinen“. Institut für Werkzeugmaschinen Karl-Marx-Stadt, Juli 1966
 [16] Wulfson: „Frage der Vorbereitung von Programmen für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen“. Der Maschinenbau 13 (1964) 11, S. 559–601
 [17] Gilman: „Algorithmische Projektierung technologischer Prozesse im Maschinenbau“. Probleme der Kybernetik 3, S. 175–204, Akademie-Verlag, Berlin 1963 (Übersetzung aus dem Russischen)
 [18] Zwetkow, W. D.: „Kodierungssysteme und Fragen des Aufbaus einer Informationssprache zur Erfassung der Informationen zur technologischen Projektierung“. Wissenschaftlich-technischer Sammelband des ITK: Rechentechnik im Maschinenbau, Minsk 1965, Heft 1, S. 193–210 (russisch)
 [19] Zwetkow, W. D. und Rydnin, W. M.: „Die Automatisierung der Projektierung der technologischen Prozesse für die Bearbeitung von Gehäuseteilen in der Kleinserienproduktion“. Sammelheft wissenschaftlich-technische Veröffentlichungen des Instituts für Organisation und technische Leitung (ZNTU), Minsk 1965 (russisch)
 [20] Zwetkow, W. D.: „Analyse der Strukturschemata technologischer Operationen“. Sammelheft wiss.-techn. Veröffentlichungen des ZNTU, Minsk 1965 (russisch)

[21] Zwetkow, W., D. Peretkow, W. I. Dorosch, W. W. Jewremow, W. I.: „Die Anwendung elektronischer Rechenmaschinen für die Projektierung technologischer Prozesse des freien Schmiedens“. Sammelheft wiss.-techn. Veröffentlichungen des ZNTU, Minsk 1965 (russisch)
 [22] Bretschneider, K.: „Probleme der Bestimmung des ökonomischen Nutzeffektes bei der automatischen Herstellung von Arbeitsplankarten mittels elektronischer Datenverarbeitungsanlagen“. Diplomarbeit 1966, TU Dresden, Institut für Ökonomie des Maschinenbaus
 [23] Panzer: „Untersuchungen zur Aufwandsermittlung in der technologischen Fertigungsvorbereitung als Voraussetzung für die Einführung von Datenverarbeitungsanlagen in der technologischen Fertigungsvorbereitung“. Diplomarbeit 1967, TU Dresden, Institut für Ökonomie des Maschinenbaus
 [24] Wladimirov, E. W.: „Entwicklung und Untersuchung einer Methode zur Automatisierung der technischen Normung von Maschinenarbeiten mit Hilfe elektronischer Rechenanlagen“ (russisch). Dissertationsreferat, Minsk 1967 (Akademie der Wissenschaften der BSSR)
 [25] Wladimirov, E. W.: „Technisch-ökonomische Kennziffern auf den Ergebnissen der industriellen Erprobung und Einführung einer technischen Normung mit Hilfe von EDVA“. Wissenschaftlich-technischer Sammelband des ITK: Rechentechnik im Maschinenbau (russ.) Minsk, Mai 1966, Seite 163–172
 [26] Scott, R. B.: „Regenerative shop planning“. American Machinist — Metalworking manufacturing New York 110 (1966) 7, S. 89–94

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
22	DEF	G1	GPK	P5	K10	LKS				
23		G2	GPK	P5	K10	RTS				

Bild 3: Beispiel zur Anwendung der Modifikationsworte LKS, RTS

XGR x größer,
 XKL x kleiner,
 YGR y größer,
 YKL y kleiner,

oder die Modifikationsuntergruppe „Lage“, der die Modifikationsworte

RTS rechts
 LKS links

angehören. Für jede Definition ist festgelegt, an welcher Stelle in der Parameterliste ein Modifikationswort einer bestimmten Modifikationsuntergruppe zu stehen hat.

3.2.1.4 Markierungen

Markierungen sind Worte, die nur aus einem Buchstaben bestehen. Sie dienen zur Markierung von Zahlen oder arithmetischen Variablen. Die Markierung steht vor der zu markierenden Größe, ist von dieser durch ein Komma getrennt und zusammen mit dieser in ein Feld der Parameterliste einzutragen, Bild 4.

Parameterliste			
(1)	(2)	(3)	(4)
R,50.8	70.5	R,10.0	100.0
R,A10	R,20.5	100.0	200.0

Bild 4: Markierung von Zahlen oder arithmetischen Variablen

Hierbei sei R ein Markierungswort und A 10 eine vorher definierte arithmetische Variable.

3.2.2 Variablenbezeichnungen

Jede Variable repräsentiert ein definiertes Element. Die Variable wird durch eine Variablenbezeichnung dargestellt. Die Variablenbezeichnung dient als symbolische Adresse der Normalformparameter, die das definierte Element charakterisieren. Die Variablenbezeichnung setzt sich aus ein oder zwei Anfangsbuchstaben und einer ganzen Zahl zusammen. Die Variablenbezeichnung besteht aus höchstens 6 Zeichen.

Für das SYMAP-System als Ganzes gelten gewisse Standardvereinbarungen hinsichtlich der zu verwendenden Anfangsbuchstaben für gewisse Typen von zu definierenden Elementen. Für alle Teilsprachen gelten für die Anfangsbuchstaben von Variablenbezeichnungen folgende Zuordnungen:

Anfangsbuchstabe	Zu definierendes Element
W	Werkzeug
T	Technologie
Z	Z-Koordinatenwert
P	Punkt- oder Punktmenge
G	Gerade
K	Kreis
S	Streckenzug
V	Vektor
U	Umformung
A	Arithmetischer Wert

Die Verwendung der Variablen ist aus Bild 3 ersichtlich. Sie können zur Kennzeichnung einer Definition im Feld Variable

stehen. Sie können aber auch, wenn für eine Definition auf ein vorher definiertes Element zurückgegriffen werden soll, als Wort in der Parameterliste auftauchen.

3.2.3. Zahlen

3.2.3.1 Dezimalzahlen

Die Zahlenangaben für Koordinatenwerte, Radius, Winkel, Vorschub, Spindeldrehzahl usw. sind stets mit Dezimalpunkt und mindestens einer nachfolgenden Ziffer zu schreiben. Vorgebar sind Zahlen, die sich aus höchstens 9 Zeichen einschließlich Vorzeichen und Dezimalpunkt zusammensetzen.

3.2.3.2 Ganze Zahlen

Ganze Zahlen werden für die Angabe von nur ganzzahligen vorkommenden Größen (Lfd. Nr., Magazinplatz-Nr., Teil-Nr. usw.) verwendet.

3.2.3.3 Arithmetische Variable

Anstelle von Dezimalzahlen können zuvor definierte arithmetische Variable gesetzt werden. Zur Bildung der arithmetischen Variablen stehen die Definitionsworte IST (ist gleich), ADD (Addition), SUB (Subtraktion), MULT (Multiplikation), DIV (Division), SQRT (Quadratwurzel), SIN (Sinus), Cos (Kosinus) usw. zur Verfügung. Arithmetische Ausdrücke werden stufenweise von Operation zu Operation fortschreitend gebildet. Die Zwischenergebnisse werden in Form von arithmetischen Variablen dargestellt.

Beispiel:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad a = 115, \quad b = 227$$

Zuordnung von

Variablen: $A1 \leftarrow a^2 = 115 \cdot 115$
 $A2 \leftarrow b^2 = 227 \cdot 227$
 $A3 \leftarrow A1 + A2 = a^2 + b^2$
 $A4 \leftarrow \sqrt{A3} = \sqrt{a^2 + b^2} = c$

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
20	DEF	A1	MULT	115.0	115.0					
		A2	MULT	227.0	227.0					
		A3	ADD	A1	A2					
		A4	SQRT	A3						

Bild 5: Bildung arithmetischer Variablen

3.3. Sätze

Zu einem Satz gehören alle Worte, die in einer Zeile mit einem Befehlswort und in den darauffolgenden Zeilen ohne Befehlswort enthalten sind. Die nachfolgende, mit einem Befehlswort versehene Zeile gehört zu einem neuen Satz.

Ein Satz besteht aus

- einem Befehlswort,
- einem Befehlswort und ein oder mehrere Variablen,
- einem Befehlswort und ein oder mehrere Definitionen.

Eine Definition wird gebildet durch ein Definitionswort und die zugehörige Parameterliste, wobei das definierte Element durch eine Variable gekennzeichnet werden kann.

Beispiel:

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
16	WERTS									
17	BLKS	G1								
18		G2								
19	BVWS	K1	KXYR	200.0	200.0	50.0				
20		G3	GPK	P1	K1	LKS				

Bild 6: Ausschnitt aus einem SYMAP (B) — Quellenprogramm

In der Zeile 16 wird ein Satz dargestellt, der nur aus einem Befehlswort (WERTS \triangleq Werkzeuglage rechts) besteht. In den Zeilen 17, 18 wird ein Satz aus einem Befehlswort (BLKS \triangleq Bewegung links) und den vorher definierten Variablen G1, G2 gebildet. In den Zeilen 19, 20 steht ein Satz bei dem ein Befehlswort (BVWS \triangleq Bewegung vorwärts) sich auf die geometrischen Elemente K1, G3 bezieht, die im gleichen Satz definiert werden.

3.4. Block

Ein Block besteht aus einer Folge von Sätzen. Er umfaßt einen Programmabschnitt, der vollständig mit einem bestimmten Komplexprogramm erledigt werden kann.

Unter einem Komplexprogramm wird ein Rechenprogramm verstanden, mit dessen Hilfe die maschinelle Programmierung eines Steuerungstyps für einen gewissen Fertigungskomplex durchgeführt werden kann. So wird das Bahnsteuerungsprogrammiersystem SYMAP (B) vorerst in die Komplexprogramme

KOPGK Komplexprogramm: Punkt — Gerade — Kreis

PFOLGE Komplexprogramm: Punktfolge

KUME 1 Komplexprogramm: Kurvenmechanismen 1, Kurvenscheiben

KUME 2 Komplexprogramm: Kurvenmechanismen 2, Automatenkurven

untergliedert.

Jeder Block beginnt mit einem Satz, der das Befehlswort BLOCK, ein Definitionswort zur Charakterisierung des Komplexprogrammes (z. B. KOPGK) und die zugehörigen Parameterwerte enthält. Ein Block endet mit einem Satz, der das Befehlswort BLENDE (Blockende) enthält.

Beispiel:

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
2	BLOCK	BL 1	KO P G K	5	0.01	20.0	10.0			
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
57	BLENDE									

Bild 7: Block-Vorgabe

3.5. Programm

Ein Programm setzt sich aus einem oder mehreren Blöcken zusammen. Am Anfang eines Programmes steht stets ein Satz mit dem Befehlswort PROGR und dem Definitionswort MSCNR (Maschine, Steuerung, Eingangscod, Ausgangscod, Teil Nr.). In der Parameterliste werden die Worte entsprechend der Zusammensetzung des Definitionswortes eingetragen. Im Feld Variable kann ein mit einem Buchstaben beginnendes Wort zu 6 Zeichen zur Kennzeichnung des Betriebes, der Abteilung oder ähnliches stehen.

Am Ende eines Programmes steht stets ein Satz mit dem Befehlswort ENDE.

Beispiel:

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
1	PROGR	HE 125	MSCNR	FSS400	PMAT 20	EIA	PC 6C	187		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
58	ENDE									

Bild 8: Programm-Vorgabe

4. Erläuterung der SYMAP-Sprachteile

4.1. Sprachteil SYMAP (B)

Der Sprachteil SYMAP (B) ist zur maschinellen Programmierung von numerisch gesteuerten Maschinen geeignet, die eine Bahnsteuerung in zwei Achsen und eine Hand-, Nocken- oder Streckensteuerung in der dritten Achse aufweisen.

4.1.1. Komplexprogramm: „Punkt — Gerade — Kreis“ (KOPGK)

Das Komplexprogramm KOPGK besitzt eine besondere Bedeutung, weil die meisten Werkstückkonturen aus Kreisen und Geraden zusammengesetzt sind. Das Komplexprogramm entbindet den Werkstückprogrammierer von jeglicher Rechenarbeit.

Zur Einschätzung des bei manueller Programmierung erforderlichen Rechenaufwandes sei erwähnt, daß allein für die Berechnung einer Tangente an zwei Kreise einschließlich der Ermittlung der Berührungspunkte mit einem Zeitaufwand von 1–2 Stunden zu rechnen ist.

Mit einigen Einschränkungen wurde das Komplexprogramm KOPGK vom Rechenzentrum der TH Karl-Marx-Stadt auf dem Digitalrechner ZRA 1 programmiert und bereits praktisch erprobt.

4.1.1.1. Vorgabe allgemeiner Programm-daten

Unabhängig vom betrachtenden Komplexprogramm wird in der ersten Zeile der Satz mit dem Befehlswort PROGR mit den erforderlichen allgemeinen Programm-daten vorgegeben. Bei der BLOCK-Vorgabe wird das Komplexprogramm benannt. Beim Komplexprogramm werden in der Parameterliste eine Materialkennzahl, die Interpolationstoleranz und in gewissen Fällen auch der Fräserdurchmesser und der maximal zulässige Stützpunktstand vorgegeben (vgl. Bild 7).

4.1.1.2. Speicherreservierung

In Abhängigkeit vom zu verwendenden Digitalrechner ist von vornherein eine gewisse Normalspeicherreservierung zum Abspeichern der Normalformparameter von Definitionen vorgesehen. So könnte beispielsweise für einen speziellen Digitalrechner festgelegt sein, daß für 50 Punkte, 50 Geraden, 50 Kreise, 10 Vektoren usw. Speicherplätze reserviert sind. Wenn die Normalspeicherreservierung den Anforderungen eines speziellen Problems nicht genügt, kann eine neue Speicherreservierung definiert werden.

4.1.1.3. Informationen zur Fräsermittelpunktsbahn

Für die Bildung der Fräsermittelpunktsbahn stehen die Verfahren Eckergänzung (ECKERG) und Kreisergänzung (KERG) zur Verfügung, Bild 9. Das Verfahren ECKERG führt zur Ausbildung von Ecken auf der Fräsermittelpunktsbahn. Beim Verfahren KERG wird die Bahnkurve durch das Einfügen von sogenannten Ergänzungskreisen (Ergänzungskreisradius r^*) abgerundet. Derart geglättete Kurven stellen geringere Anforderungen an das dynamische Verhalten des Lageregelkreises. Außerdem können hierbei für die ganze Kurve eindeutige Normalen zur Durchführung der Fräserdurchmesserkorrektur gebildet werden. (Bild 9)

4.1.1.4. Vorgabe des Programmnullpunktes im Maschinenkoordinatensystem

Die Werkstückprogrammierung bezieht sich auf ein sogenanntes Programmkoordinatensystem, das gewöhnlich nicht mit dem Maschinenkoordinatensystem der Werkzeugmaschine zusammenfällt.

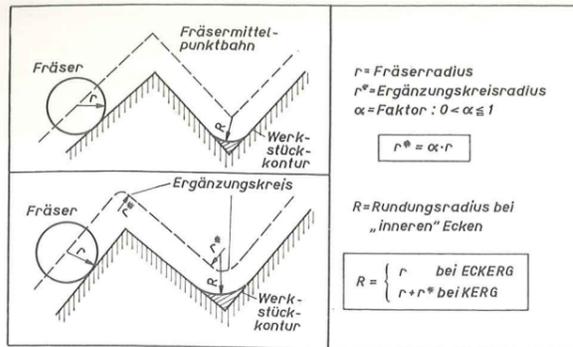


Bild 9: Fräsermittelpunktbahn mit Eckergänzung und Kreisergänzung

In Verbindung mit dem Befehlswort NP (Nullpunktverschiebung) wird durch die Definition MXYZ der Zusammenhang des Maschinenkoordinatensystems mit dem Programmkoordinatensystem hergestellt, Bild 10. Alle hierauf folgenden geometrischen Definitionen beziehen sich auf das Programmkoordinatensystem xyz.

Lfd. Nr.	Befehlswort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste							
				1	2	3	4	5	6		
20	NP	M1	MXYZ	{X}	{Y}	{Z}					

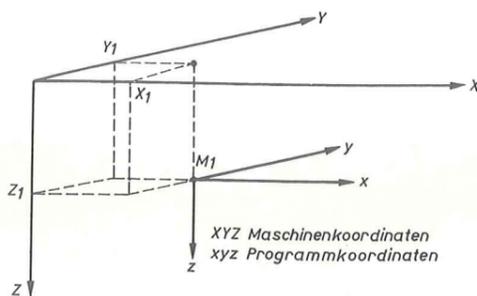


Bild 10: Zusammenhang zwischen Maschinenkoordinatensystem und Programmkoordinatensystem

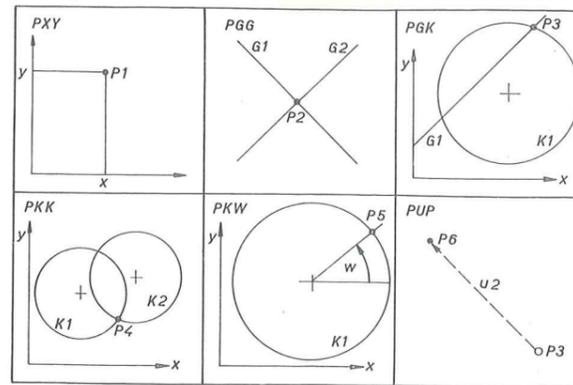
4.1.1.5. Definition von Elementen

Es bestehen Definitionsmöglichkeiten für folgende Elemente:

- Werkzeuge,
- Vereinbarungen zum Verfahren KERG,
- Programmnullpunkte,
- Umformungen (Translation, Drehung, Spiegelung),
- z-Koordinatenwerte,
- Vektoren,
- Punkte,
- Geraden,
- Kreise,
- N-Verbände,
- Elemente — Verbände,
- arithmetische Werte.

Jedem definierten Element kann eine Variablenbezeichnung zugeordnet werden. Die Variable kann dann als Bestimmungsstück zur Definition eines neuen Elementes dienen oder in Verbindung mit einem Befehlswort eine Anweisung bilden. Die Bedeutung eines N-Verbandes geht aus dem Programmierbeispiel (Abschnitt 4.1.2) hervor. Ein Elemente-Verband stellt eine Zusammenfassung verschiedener vorher definierter Elemente dar.

Lfd. Nr.	Befehlswort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
35	DEF	P1	PXY	{X}	{Y}					
36		P2	PGG	G1	G2					
37		P3	PGK	G1	K1	XGR				

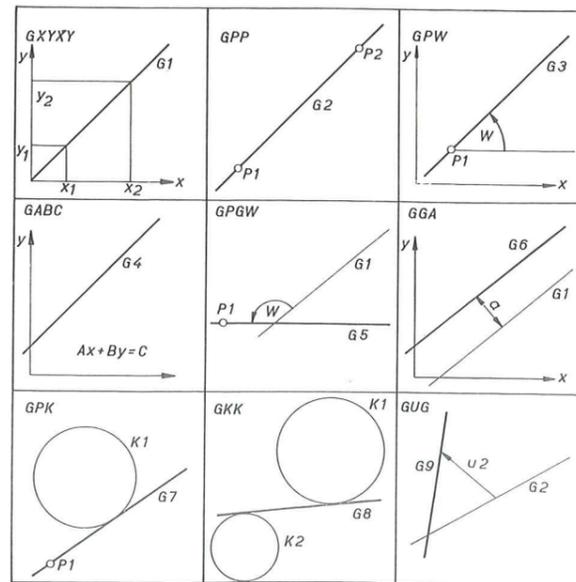


Das definierte Element ist stark gezeichnet

Bild 11: Definitionsmöglichkeiten für Punkte

Es steht eine große Anzahl von Definitionsmöglichkeiten für Punkte, Geraden und Kreise zur Verfügung; Bilder 11, 12, 13. In den Bildern wird für einige Definitionen die zugehörige Darstellung im SYMAP-Formular mit angegeben. Hierbei sind in der Parameterliste für die in geschweiften Klammern dargestellten Größen Zahlen oder arithmetische Variable einzusetzen. Die in runden Klammern stehenden Eintragungen dienen nur zur Erläuterung. Durch das Befehlswort DEF wird das Vorliegen von Definitionen gekennzeichnet.

Lfd. Nr.	Befehlswort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				1	2	3	4	5	6	
44	DEF	G1	GXYXY	{X1}	{Y1}	{X2}	{Y2}			
45		G2	GPP	P1	P2					
46		G3	GPW	P1	{Winkel}					

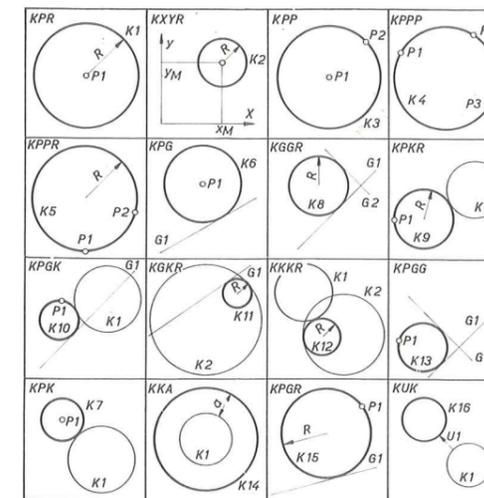


Das definierte Element ist stark gezeichnet

Bild 12: Definitionsmöglichkeiten für Geraden

Bei der Definition PXY wird ein Punkt durch seine xy-Koordinatenwerte definiert. Die Definition PGG stellt den Punkt als Schnittpunkt zweier Geraden dar. In der Definition PGK wird der gewünschte Schnittpunkt von den zwei vorhandenen durch die Angabe des Modifikationswortes XGR ausgewählt. (Bild 11)

Lfd. Nr.	Befehlswort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste						
				1	2	3	4	5	6	
53	DEF	K1	KPR	{Mittelpkt. P1}	{Radius}					
54		K2	KXYR	{X _M }	{Y _M }	{Radius}				
55		K3	KPP	{Mittelpkt. P1}	P2					
56		K4	KPPP	P1	P2	P3				



Das definierte Element ist stark gezeichnet

Bild 13: Definitionsmöglichkeiten für Kreise

Die Definition GXYXY stellt eine Gerade dar, die durch die Koordinatenwerte zweier Punkte bestimmt ist. Bei GPP wird die Gerade durch die Vorgabe der Variablen von zwei Punkten dargestellt. Mit GPW wird eine Gerade vorgegeben, die aus einem Punkt und dem Winkel zur x-Achse hervorgeht. (Bild 12)

Die im SYMAP-Formular dargestellten Fälle KPR, KXYR, KPP, KPPP (Bild 13) bedürfen nun keiner weiteren Erläuterung.

4.1.1.6. Erläuterungen zu einigen Befehlsworten

Die Befehlsworte PROGR, BLOCK, ECKERG, KERG, NP, DEF wurden schon verwendet und erklärt. Es sollen nun nur die Befehlsworte behandelt werden, die zur Beschreibung der Fräserbahnkurve unbedingt erforderlich sind. Die Bedeutung weiterer Befehlsworte geht aus dem Programmierbeispiel (Abschnitt 4.1.2) hervor.

Werkzeugbefehle

Bezüglich einer vorgegebenen Kurve und einer dazugehörigen Bewegungsrichtung läßt sich mit WELKS eine linksseitig, mit WERTS eine rechtsseitig und mit WEAUF eine auf der jeweils vorgegebenen Kurve liegende Werkzeuglage vorgeben. (Bild 14)

Startbefehl

Durch das Befehlswort START wird die Ausgabe des Steuerlochstreifens eingeleitet.

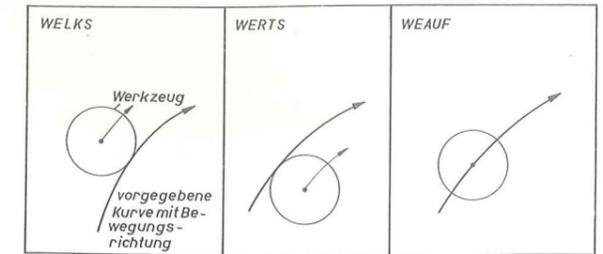


Bild 14: Werkzeuglagen

Positionierbefehle

Die Positionierbefehle beziehen sich stets auf die Werkzeugachse, wobei unabhängig davon, ob vorher irgendein Werkzeuglagebefehl vorgegeben wurde oder nicht, die Werkzeuglage WEAUF realisiert wird.

Es können der Ausgang von einer Position (PVON) und das Anfahren gewisser Positionen (PZU, PDLTA) beschrieben werden. Das Befehlswort PZU wird immer in Verbindung mit einer Punkt-Variablen vorgegeben. Zum Befehlswort PDLTA gehört dagegen eine Vektor-Variable.

Richtungsbefehle

Zur Vorgabe von Richtungsangaben dienen die Befehlsworte INRIV (in Richtung eines Vektors) und INRIP (in Richtung eines Punktes).

Gehbefehle

Mit Hilfe der Gehbefehle können gewisse Werkzeuglagen bezüglich einer angegebenen Kurve hergestellt werden.

Von der vorherigen Position ausgehend und einer vorgegebenen Richtung folgend kann das Werkzeug vor (GVOR), auf (GAUF) oder hinter (GHINT) die angegebene Kurve gehen. (Bild 15)

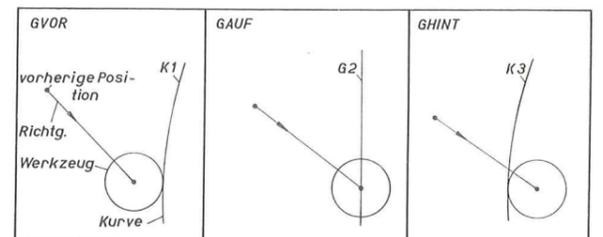


Bild 15: Bedeutung der Gehbefehle

Bewegungsbefehle

Die Bewegungsbefehle und die Werkzeuglagebefehle dienen gemeinsam zur Beschreibung der Fräsermittelpunktbahn. Der Werkstückprogrammierer kann die Bewegungsbefehle jedoch einfach so vorgeben, als würde die Werkstückkontur abgefahren werden. (Bild 16)

An Kurvenschnittpunkten ist bezüglich der vorherigen Bewegungsrichtung die Entscheidung Bewegung nach rechts (BRTS) oder nach links (BLKS) möglich. Beim Schneiden von Gerade und Kreis oder von Kreis und Kreis entstehen zwei Schnittpunkte. Soll die Abzweigung von der vorangehenden zur nachfolgenden Kurve erst beim zweiten Schnittpunkt erfolgen, so werden die Befehlsworte BRTS2 und BLKS2 verwendet.

Bei tangentiellem Übergang der Kurven ist zwischen Bewegung vorwärts (BVWS) und Bewegung zurück (BZRK) zu unterscheiden.

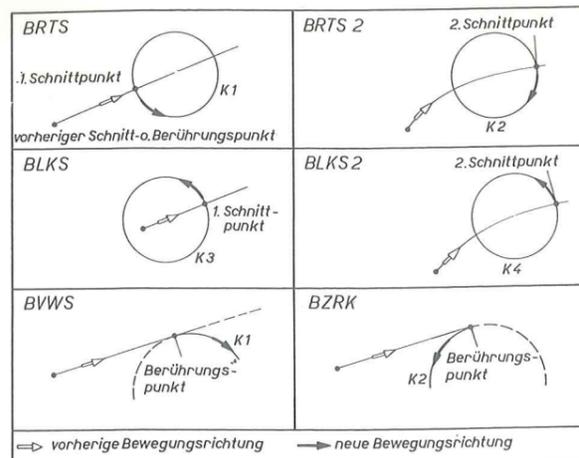


Bild 16: Bewegungsbeefehle

4.1.2. Programmierungsbeispiel

Für zwei gleichartige, paarweise in einer Aufspannvorrichtung angeordnete Schablonen (Bilder 17, 18) soll nun die Programmierung beschrieben werden. Die Schablonen sollen in 8 mm starke Platten aus St 42 gefräst werden. Die gerade Grundseite der Werkstücke sei schon fertigbearbeitet. Die übrige Kontur ist mit etwa 5 mm Aufmaß durch Brennschneiden vorgefertigt. Im Bild 19 ist die geometrische Struktur der

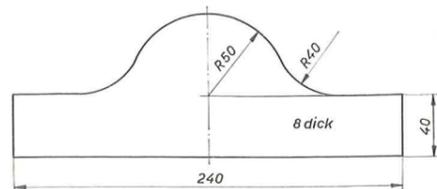


Bild 17: Werkstückzeichnung des Programmierbeispiels

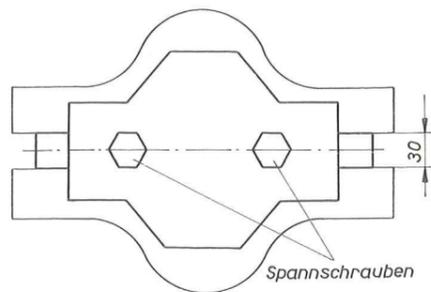


Bild 18: Werkstückaufnahme für zwei Schablonen

Bearbeitungsaufgabe und die Lage des xy-Programmkoordinatensystem dargestellt. Im Bild 20 ist die für das Bearbeitungsprogramm vorgesehene Fräserumlaufbahn aufgezeichnet. Die Bilder 19 und 20 werden hier übrigens nur zur besseren Übersicht angegeben. In der Praxis werden diese Zusammenhänge vom Werkstückprogrammierer einfach in die Werkstückzeichnung skizziert. Die Darstellung des Quellenprogrammes ist aus Bild 21 ersichtlich. (Bild 17) (Bild 18)

Die einzelnen Zeilen des Quellenprogrammes haben folgende Bedeutung: In der Zeile 1 erfolgt die Vorgabe der allgemeinen Programmdatei. Der erste Satz beginnt mit dem Befehlswort **PROGR**. Im Feld Variable kann hier eine maximal aus

6 Zeichen bestehende Bezeichnung der Abteilung oder ähnliches stehen.

Die nach dem Definitionswort **MSCNDR** in der Parameterliste folgenden Modifikationsworte **FSS 400** und **PMAT 2D** kennzeichnen, daß das Steuerprogramm für die Fräsmaschine **FSS 400** und die mit parabolischem Inneninterpolator ausgestattete Bahnsteuerung **Paramat 2D** zu erstellen ist. Das im Feld (3) angegebene Modifikationswort **EIA** besagt, daß die

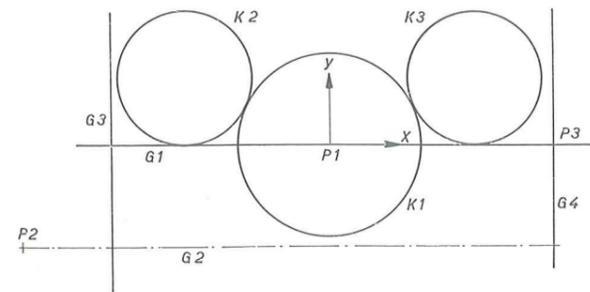


Bild 19: Geometrische Struktur

Eingabe des Quellenprogrammes über Lochstreifen mit **EIA-Codierung** erfolgen soll. Im Feld 4 wird der Werkzeugmaschinen-Programmcode **PCSC** für den vom Digitalrechner zu erstellenden Steuerlochstreifen gefordert. In der Zeile 2 wird ein Block mit dem Komplexprogramm **KOPGK** vorgegeben. In der Parameterliste stehen eine Materialkennzahl und die vorgesehene Interpolationstoleranz. (Bild 19)

Der Zusammenhang des Maschinenkoordinatensystems mit dem Programmkoordinatensystem wird in Zeile 3 hergestellt. Bei der Bahnsteuerung **Paramat 2D** müssen alle zur Bahnkurve gehörigen Stützpunkte im 1. Quadranten des Maschinenkoordinatensystems liegen. Die Variante **M1** wurde so definiert, daß diese Bedingung erfüllt ist. Die Zeile 4 enthält die Informationen für die Gestaltung der Fräserbahnkurve. Mit dem Befehlswort **KERG** wird das Verfahren der Kreisergänzung zur Anwendung gebracht. Die Variable **F1** repräsentiert die erforderlichen Vereinbarungen zum Verfahren

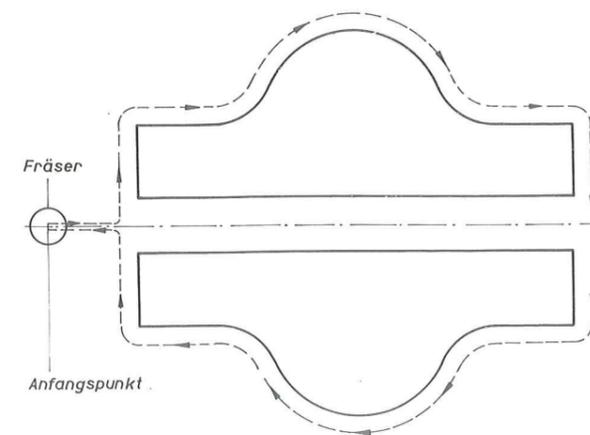


Bild 20: Darstellung der Fräserumlaufbahn

KERG. Im Feld 1 der Parameterliste wird hier ein Faktor α vorgegeben. Das im Feld 2 stehende Modifikationswort **JA** wird gesetzt, wenn zur Ermöglichung der Fräserdurchmesserkorrektur Informationen über die Normalkomponenten in den Steuerlochstreifen übertragen werden sollen.

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste									
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)				
1	PROGR	ML1725	MSCNDR	FSS400	PMAT2D	EIA	PC8C	510					
2	BLOCK		KOPGK	1	001								
3	NP	M1	MXYZ	300.0	200.0	100.0							
4	KERG	F1	FAFK	08	JA								
5	DEF	W1	SCHAFFR.	200	2200	600	80.0	40.0					
6		T1	FRAESE	W1	1	100							
7		P1	PXY	0.0	0.0								
8		P2	PXY	-180.0	-55.0								
9		P3	PXY	0.0	120.0								
10		G1	GPP	P1	P3								
11		G2	GGA	G1	55.0	YKL							
12		G4	GP6W	P3	G1	90.0							
13		G3	GGA	G4	240.0	XKL							
14		K1	KPR	P1	500								
15	START												
16	TECH	T1											
17	IVANF	I1											

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	Parameterliste									
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)				
18	PVON	P2											
19	INRIV	V1	VXY	1.0	0.0								
20	GVOR	G3											
21	WELKS												
22	BLKS	G3											
23	BRTS	G1											
24	BVWS	K2	KGKR	G1	YGR	K1	AUS	40.0	XKL				
25		K1											
26		K3	KGKR	G1	YGR	K1	AUS	40.0	XGR				
27		G1											
28	BRTS	G4											
29	GAUF	G2											
30	IVENDE												
31	DEF	U1	SPGL	G2									
32	GELAUF	N1	NIU	I1	U1								
33	ENDE												

Bild 21: Darstellung des Quellenprogramms

In den Zeilen 5—14 werden Elemente definiert. Das Befehls-wort **DEF** bewirkt, daß zu den vorgegebenden Elementen zunächst nur die zugehörigen Normalformparameter gebildet werden. Die so definierten Variablen können nun in nachfolgende Definitionen eingesetzt werden oder in Verbindung mit anderen Befehlsworten zur Vorgabe von Anweisungen dienen. (Bild 21)

In der Zeile 5 wird ein Schaffräser definiert. In der Parameterliste werden der Durchmesser und weitere technologische und geometrische Größen des Werkzeuges vorgegeben. Die Zeile 6 enthält die Definition der Technologie **FRAESE**. In der Parameterliste stehen die vorher definierte Werkzeugvariable **W1**, die Nummer der zum Einsatz kommenden Arbeitsspindel und die Zustelltiefe in z-Richtung.

In den Zeilen 7—14 werden einfache geometrische Definitionen vorgegeben. Erst nach der Vorgabe des **START**-Befehles in Zeile 15 beginnt die Ausgabe des Werkzeugmaschinensteuerlochstreifens, wobei zunächst nur ein Werkzeugmaschinen-Startbefehl übertragen wird. Mit dem Befehlswort **TECH** wird nun die Technologie **T1** zum Einsatz gebracht, Zeile 16.

Das in Zeile 17 vorgegebene Befehlswort **IVANF** dient zur Kennzeichnung des Anfanges eines Instruktionen-Verbandes. Dieser Instruktionen-Verband erhält die Variablenbezeichnung **I1**. Der Instruktionen-Verband **I1** wird durch das in

Zeile 30 stehende Befehlswort **IVENDE** begrenzt. Durch die innerhalb des Instruktionen-Verbandes stehenden Befehls-worte und Variablen wird die Fräserbahnkurve zur Bearbeitung der oberen Schablone entsprechend Bild 20 beschrieben.

In den Zeilen 18, 19, 20 wird mit den Befehlsworten **PVON**, **INRIV**, **GVOR** und den zugehörigen Variablen zunächst ein Manöver zur Erreichung der vorgesehenen Tangentiallage des Werkzeuges an der Geraden **G3** vorgegeben. In der Zeile 19 wird dabei zusätzlich ein Vektor **V1** definiert. Nach der Vorgabe der Werkzeuglage **WELKS** in Zeile 21 wurden die Bewegungsbefehle **BLKS**, **BRTS**, **BVWS** und der Gehbefehl **GAUF** mit den zugehörigen Variablen eingetragen, Zeile 22—29.

Die durch den Instruktionen-Verband repräsentierte Bahnkurve kann nun als Ganzes einer Umformung unterworfen werden. In der Zeile 31 wird zunächst die hierzu benötigte Umformung in Gestalt einer Spiegelung (Definitionswort: **SPGL**) um die Gerade **G2** definiert. In der Zeile 32 wird nun unter der Variablenbezeichnung **N1** ein sogenannter N-Verband definiert. Das Definitionswort **NIU** kennzeichnet, daß ein N-Verband aus einem Instruktionen-Verband und einer Umformung gebildet wird.

In der Parameterliste wurden dementsprechend die vorher definierten Variablen **I1** und **U1** eingetragen. Der N-Verband **N1** erfaßt die gesamte Bahnkurve für die untere Schablone entsprechend Bild 20. Das Befehlswort **GELAUF** bewirkt, daß die gespiegelte Bahnkurve **N1** im „Gegenlauf“ durchfahren wird. Die zugehörigen Kurvenstücke werden hierbei im Vergleich zum Instruktionen-Verband **I1** in entgegengesetzter Reihenfolge abgearbeitet. In der Zeile 33 wird das Programm mit dem Befehlswort **ENDE** abgeschlossen. Die Endstellung des Werkzeuges fällt dann mit dem Anfangspunkt des Bearbeitungsprogrammes (vgl. Bild 20) zusammen.

4.2. Sprachteil SYMAP (P)

Der Sprachteil **SYMAP (P)** dient zur Programmierung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen mit Punktsteuerung. Einsatzgebiet und Möglichkeiten:

- Rationelle Beschreibung komplizierter Bohrprobleme
- Beschreibung des Werkstückes durch einfache geometrische und technologische Angaben
- Weitgehende Vermeidung der Umrechnung von Zeichnungsmaßen
- Einfache Beschreibung von Punktmustern
- Drehzahlen, Vorschübe, Werkzeugwege und Bewegungsabläufe werden automatisch ermittelt
- Kompatibilität der einzelnen SYMAP-Sprachteile.
- In Verbindung mit SYMAP (S) lassen sich kombinierte Punkt- und Streckensteuerungsaufgaben für die Programmierung von Bearbeitungszentren lösen.
- Die Besonderheiten spezieller Punktsteuerungssysteme können mit Hilfe entsprechender Anpassungsprogramme (Postprozessoren) berücksichtigt werden.

Beim Aufstellen eines Werkstückprogrammes (s. Bild 22 u. 23) hat der Programmierer folgendes durchzuführen: Zunächst sind programmtechnische Anweisungen zu geben, wie Angaben über Ein- und Ausgabecodierung, verwendete Werkzeugmaschine und Art der Steuerung. Anschließend erfolgen geometrische Definitionen, z. B. Festlegung der Z-Ebene und des Sicherheitsabstandes (s. Bild 23, lfd. Nr. 3—5) sowie die Beschreibung von Punktmengen. Für die Beschreibung von Punktmengen sind in SYMAP (P) verschiedene Möglichkeiten vorhanden. So lassen sich beispielsweise Punkte bzw. Bohrungen auf einer Geraden (s. Bild 23, lfd. Nr. 12), einem Kreis oder matrixartig angeordnete Punktmengen sehr günstig beschreiben. Durch Anwendung von Umformungen lassen sich diese Punktmengen weiterhin verschieben, drehen oder an einer Geraden spiegeln.

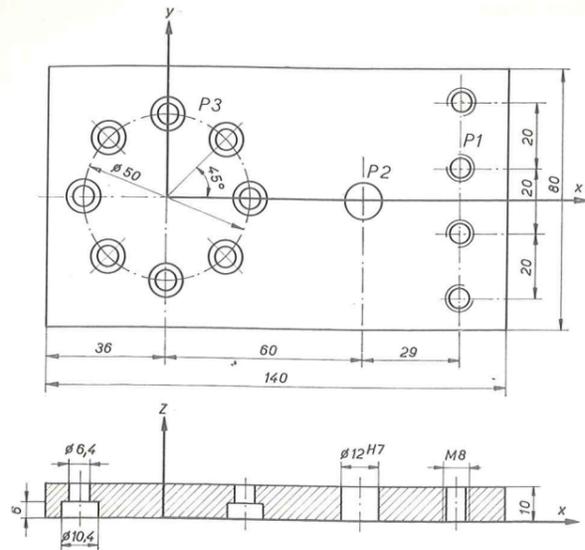


Bild 22: Programmierbeispiel „Anschlußplatte“

SYMAP (P) Programmierbeispiel

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	(1)	(2)	Parameterliste				
				(3)	(4)	(5)	(6)			
1	PROGR	CZ 0083	MSCCNR	BMRS 25	P3D	EIA	PC 8C	280.14		
2	BLOCK	B1	KOPU	2						
3	EINRI	P2	PXYZ	60.0	0.0	0.0				
4	SIABST	A1	IST	2.0						
5	ZEBENE	Z1	Z	0.0						
6	OP	T1	ZENTR	W 1512	1	3.0				
7		T2	BOHREN	W 2312	2	D,10.0				
8		T3	REIBEN	W 7212	3	D,10.0				
9		P2	P XY	60.0	0.0					
10	OP	T4	BOHREN	W 2910	4	F, 6.0				
11		P3	PKN	0.0	0.0	25.0	0.0	315.0	8	
12	OP	P2	PSN	89.0	-30.0	89.0	30.0	4		
13		T5	BOHREN	W 2307	5	D,10.0				
14		T6	GEWI	W 5208	6	D 10.0				
15	ENDE									

Bild 23: SYMAP (P) Programmierbeispiel

Zur weitgehenden Vermeidung von Umrechnungen von Kettenmaßen in absolute Maße sind Verschiebungen des Werkstückkoordinatensystems innerhalb des Programmes möglich. Nunmehr kann die Bearbeitungsfolge festgelegt werden. Hierfür stehen die Technologien

- ZENTR — Zentrieren
- BOHREN — Bohren
- SENKEN — Senken
- SPSENK — Spitzsenken
- GEWI — Gewindeschneiden
- REIBEN — Reiben
- SPIND — Bearbeitung mit Bohrstange u. a.

zur Verfügung.

In einer technologischen Definition sind enthalten

- Werkzeugnummer
 - Magazinplatznummer
 - Arbeitstiefe
 - Sonderdrehzahl
 - Sondervorschub
 - Durchmesser (wird nur bei SPSENK angegeben)
 - Sonderangaben.
- wird nur dann angegeben, wenn die vom Programm ermittelten Werte nicht verwendet werden sollen

Für die Vorgabe der Werkzeugparameter gibt es zwei Möglichkeiten:

- Vorgabe durch den Werkstück-Programmierer im SYMAP-Formular
- Vorgabe über eine Werkzeugkartei (s. Bild 23, lfd. Nr. 6—8).

Während im ersten Fall eine Definition des Werkzeuges mit allen erforderlichen Parametern erfolgt, wird im zweiten Fall nur eine Werkzeugnummer vorgegeben, welche zum Auffinden der gespeicherten Werkzeugparameter dient. Erscheint in der Spalte Variable ein Symbol (z. B. T1, P1), so bedeutet das eine Speicherung dieser technologischen oder geometrischen Definition im Rechenautomaten, d. h., daß diese Definition an anderer Stelle des Programmes über dieses Symbol wieder aufgerufen werden kann. Bei der Anwendung von Technologien auf Punktmengen können in Verbindung mit dem Befehlswort OP zwei Abarbeitungsfolgen definiert werden:

Definiert der Programmierer innerhalb eines Operationsatzes erst die technologischen und dann die geometrischen Angaben, so bedeutet das, daß auf jeden Punkt einer Punktmenge zunächst die erste Technologie wirkt, dann auf jeden Punkt die zweite Technologie usw.

Werden vom Programmierer erst die geometrischen und dann die technologischen Angaben definiert (s. Bild 23, lfd. Nr. 12—14), so wirken auf einen Punkt einer Punktmenge erst alle Technologien, dann auf den nächsten Punkt alle Technologien usw. Diese Unterscheidung wird bei größeren Unterschieden zwischen Positionierzeit und Werkzeugwechselzeit der Werkzeugmaschine benötigt.

Dem Programmierer stehen zur Beschreibung des Werkstückes noch weitere Befehls-worte, wie z. B. Angaben über Kühlmittel oder spezielle Positionierangaben zur Verfügung, welche hier nicht näher beschrieben werden.

Der vorliegende Sprachteil SYMAP (P) stellt die erste Ausbaustufe dieses Systems dar. Es ist vorgesehen, das System so auszubauen, daß vom Technologen bzw. Programmierer nur noch der Fertigungszustand einer Bearbeitungsstelle angegeben wird, d. h., vom Rechenautomaten werden unter Berücksichtigung aller Parameter, wie Lagetoleranzen, Oberflächengüte usw. der Arbeitsablauf und die Werkzeuge automatisch bestimmt.

4.3. Sprachteil SYMAP (S)

SYMAP (S) ist der Sprachteil zur maschinellen Programmierung von Fräsmaschinen mit Streckensteuerung. (Komplexprogramm KOSTRE). Die Aufgabe der Bearbeitung von Werkstücken auf streckengesteuerten Fräsmaschinen kann etwas abstrahiert so formuliert werden:

Es sei eine ebene Fläche vorgegeben, die von einem geschlossenen Polygonzug begrenzt wird. Die einzelnen Strecken des Polygonzuges verlaufen parallel zur x- oder y-Achse eines kartesischen Koordinatensystems.

Die vorgegebene Fläche soll vom Werkzeug vollständig, in übersichtlicher Weise und auf kürzestem Wege abgearbeitet werden. Dabei dürfen alle Randstücke von dem Werkzeug nur berührt werden, während alle randfreien Seiten um das Maß λ l vom Werkzeug überschritten werden müssen.

Bei SYMAP (S) werden die Maße der Begrenzungsstrecken in die Parameterliste eingetragen. Berandete Seiten werden durch den Buchstaben R (Rand) vor der Maßzahl markiert.

Tritt ein geometrisches Gebilde an einem Werkstück in gleicher Form und gleichen Abmessung wiederholt an anderen Stellen oder in anderer Lage auf, so braucht diese Konfiguration nur einmal mit allen Parametern beschrieben zu werden. Dazu können bei SYMAP (S) folgende Umformungen auf das bereits definierte geometrische Gebilde angewendet werden:

- TRA (Translation)
- DRE (Drehung)
- DRETRA (Drehung und Translation auf die gleiche Ausgangsbasis angewendet)
- SPGL (Spiegelung)
- SSA (Eine Streckenfolge wird definiert durch eine gegebene Streckenfolge und den Abstand zu dieser.)

Das Bearbeitungsprogramm ist bei SYMAP (S) so aufgebaut, daß bei rechteckigen Flächen das Werkzeug zunächst an den berandeten Seiten entlang fräst. Die verbleibende Bearbeitungsfläche wird als randfreie Fläche zeilenweise abgearbeitet.

Im allgemeinen Fall (achsenparalleles Vieleck) bewegt sich das Werkzeug an den Begrenzungsstrecken der vorgegebenen Fläche entlang und wird nach jedem Umlauf soweit nach innen versetzt, daß eine Überdeckung der Fräserbahnen um λ 2 erreicht wird.

Als sehr wesentlich für eine symbolische Programmiersprache und für die Erfüllung ihrer Rolle als Hilfsmittel für die Arbeitsvorbereitung wird im SYMAP-System die Einbeziehung der technologischen Gesichtspunkte erachtet, die sich als feststehende Regeln herausgebildet haben.

So unterscheidet der Sprachteil SYMAP (S) die Bearbeitungsmethoden:

- Linienfräsen zum Fräsen von Nuten, zum Ausschneiden von Konturen sowie zum Bearbeiten von Kanten und Flächenfräsen.

Außerdem werden in Verbindung mit diesen Methoden vier Bearbeitungsstufen unterschieden, z. B. beim Flächenfräsen:

- FLFRAM (auf Maß): Eine vorgegebene Fläche oder Streckenfolge wird in Länge, Breite und Tiefe auf Maß gefräst.
- FLFRVO (Vorbearbeitung bzw. Schruppen): Bei einer vorgegebenen Fläche oder Streckenfolge wird in Länge und Breite ein Aufmaß a und in der Tiefe ein Aufmaß b berücksichtigt. Es wird mit Schruppvorschub gearbeitet.
- FLFRNA (Nachbearbeitung): Eine vorgegebene und bereits vorgefräste Fläche oder Streckenfolge wird auf Maß gefräst (Feinbearbeitung).
- FLFRKO (Komplexbearbeitung): Eine vorgegebene Fläche oder Streckenfolge wird mit dem gleichen Werkzeug, aber unterschiedlichem Vorschub, erst vor- und dann nachgefräst.

Bei den Operationen „Fräsen auf Maß“ und „Vorfräsen“ sieht das Programm die automatische Aufteilung der Bearbeitungszugaben in mehreren Schichten vor, wenn die Bearbeitungstiefe größer als die zulässige Schnitttiefe ist.

Ist eine Bearbeitungsstelle abgearbeitet, so steuert das Werkzeug automatisch die im Programm folgende Bearbeitungsstelle an. Vorstehende Werkstückteile oder Spannelemente können dabei als Hindernisse auftreten, mit denen das Werkzeug nicht kollidieren darf. In solchem Falle muß der Werkstückprogrammierer eine Position angeben, die das Werkzeug ungehindert im Eilgang anfahren kann und von der aus dann automatisch das Anfahren der nächsten Bearbeitungsstelle erfolgt.

SYMAP (S) gestattet das Überqueren des Hindernisses durch den Positionierbefehl POS in Verbindung mit der Angabe des entsprechenden z-Wertes, aber auch das Umfahren des Hindernisses durch den Positionierbefehl POS in Verbindung mit der Angabe der x- und y-Koordinaten des Anlaufpunktes.

Das beschriebene Programm wurde zur maschinellen Programmierung einer speziellen Fräsmaschine unter Anwen-

dung des ZRA 1 verwirklicht. Dabei wurden u. a. folgende Werte zugrunde gelegt:

$$\lambda_1 \text{ und } \lambda_2 = 0,1 \cdot \text{Werkzeugdurchmesser}$$

Für die Aufmaße gilt folgende Tabelle (Klammerwerte bedeuten ganzer Anteil):

Werkzeug-durchmesser (mm)	Aufmaß a (mm)	Aufmaß b (mm)
3 bis 50	$\left[\frac{\phi - 3}{4} \right] 0,05 + 0,25$	$\left[\frac{\phi - 3}{8} \right] 0,05 + 0,25$
50 bis 70	1	0,6
über 70	1	0,7

Diese Werte können sich bei der Anwendung anderer Werkzeugmaschinen ändern.

Ein einfaches Beispiel (Bild 24 und Bild 25) zeigt, wie weit die Arbeiten zur Erstellung eines Steuerprogrammes für Fräs-

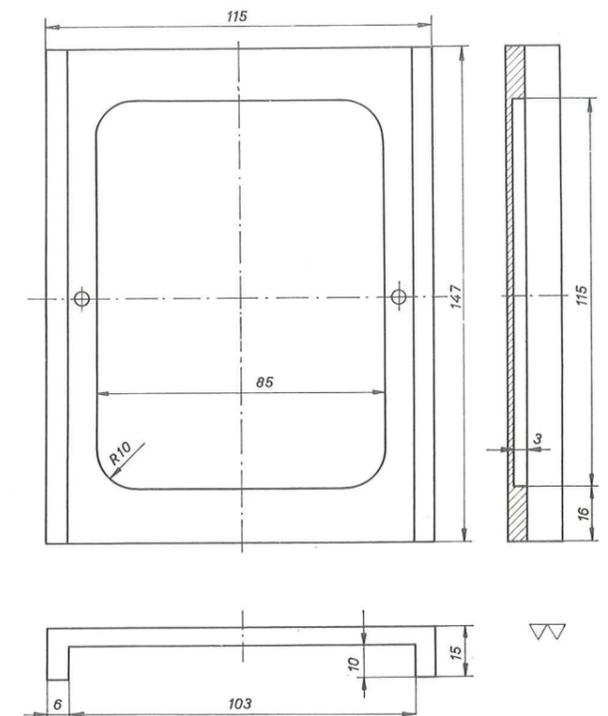


Bild 24: Programmierbeispiel „Deckel“

SYMAP

Lfd. Nr.	Befehls-wort	Variable	Definitions-wort	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	PROGR	DECKEL	MSCCNR	AS1	S3D	LK	PC 5T	BSP1	
2	BLOCK		KOSTRE	ALU	VOLL	GLATT			
3	NP		MXYZ	10.0	10.0	15.0			
4		W1	SCHAFR	20.0	25.0	1900.0	120.0	20.0	
5	OP		FLFRKO	W1	1	10.0			
6			SRIYX	0.0	R, 6.0	14.7.0	R, 103.0		
7	OP		FLFRAM	W1	1	13.0			
8			SRIYX	R, 16.0	R, 15.0	R, 115.0	R, 85.0		
9	STOP								
10	BLLENDE								
11	ENDE								

Bild 25: SYMAP (S)-Programmierbeispiel

2.1.1. Allgemeine Kodierungsrichtlinien

Das Kodierungssystem beruht auf folgendem Prinzip:

Das auf der Zeichnung gegebene Werkstück wird in Grundelemente zerlegt. Jedes dieser Elemente besitzt eine Länge „L“. Zu beiden Seiten des Grundelementes kann ein sogenanntes „Formelement“ (z. B. Rundung, Schräge) anschließen. Die Zerlegung des Werkstückes in Grundelemente geschieht durch gedachte Ebenen. Jeder Stelle, an der zwei verschiedene Grundelemente oder zwei gleichartige Grundelemente unterschiedlichen Durchmessers zusammentreffen, wird eine Ebene zugeordnet. Die Zerlegung erfolgt für Innen- und Außenbearbeitung getrennt. Sowohl außen als auch innen werden die Ebenen, mit 1 beginnend, von links nach rechts durchnummeriert. An der Übergangsstelle vom Grundelement zum Formelement wird keine Ebene eingeführt; das Formelement wird immer als zum Grundelement gehörig betrachtet.

Für die einzelnen Grundelemente wurden folgende abkürzende Bezeichnungen festgelegt:

- Zylinder: Z Metrisches Gewinde: M Kegel: K
 Einstich: E Trapezgewinde: T Rille: R
 Planeinstich: P Kegliges Gewinde: G

Bei der Kodierung der Durchmesserangaben trägt der Kodierer in die erste Spalte des Kodierungsblattes (unter „Bez.“) die Bezeichnungen der am Werkstück auftretenden Elemente ein, und zwar untereinander in der Reihenfolge, wie die betreffenden Elemente von links nach rechts am Werkstück auftreten (entsprechend der Ebeneneinteilung). In der ersten Zeile des Kodierungsblattes steht also unter „Bez.“ immer die Bezeichnung des Außenelementes mit der linken Ebene 1. Waagrecht in die Zeilen sind dann alle die geometrischen und technologischen Durchmesserangaben einzutragen, die auf der Zeichnung für das entsprechende Element gegeben sind.

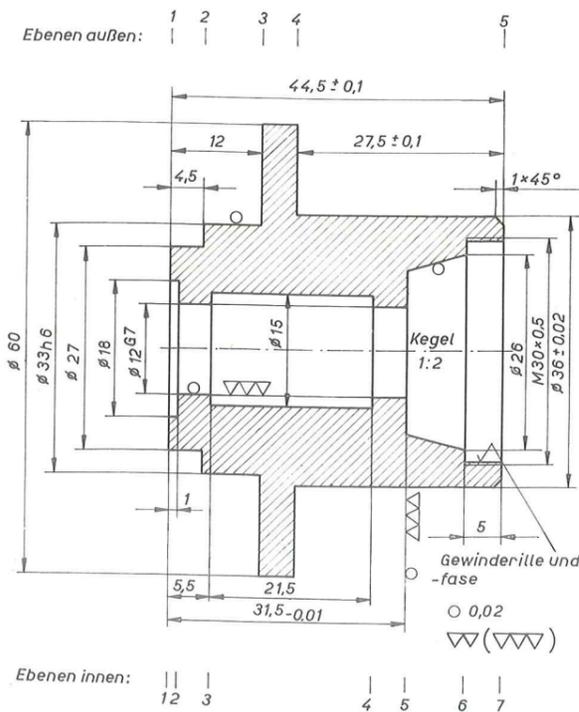


Bild 3

Die Übersicht nach Bild 2 zeigt, in welcher Weise die Verschlüsselung dieser Angaben und ihre Eintragung in die verschiedenen Spalten des Kodierungsblattes vorgenommen wird. Die letzte Zeile der Übersicht enthält die Kodierungsvorschrift für Längenangaben. Grundsätzlich kann gesagt werden, daß alle Längen auf der Werkstückszeichnung, die durch zwei Ebenen begrenzt sind, eingegeben werden müssen. Bei der Kodierung der Längenangaben trägt der Kodierer unter „Bez.“ den Buchstaben L und unter „L“ den Absolutbetrag der Länge in mm ein. In den Spalten „Ebene li“ bzw. „Ebene re“ sind die Nummern der Ebenen anzugeben, die die betreffende Länge links bzw. rechts begrenzen. Wie oben gesagt, sind die Angaben für Außen- und Innenbearbeitung in getrennten Gruppen einzugeben. Innerhalb dieser Gruppen können jedoch die einzelnen Längen in willkürlicher Reihenfolge kodiert werden. Die Gesamtlänge wird nur einmal, bei der Außenbearbeitung, kodiert.

2.1.2. Kodierungsbeispiel und Erläuterungen

Zur besseren Veranschaulichung soll das folgende Kodierungsbeispiel dienen.

Bild 4 zeigt das ausgefüllte Kodierungsblatt für ein Werkstück nach Bild 3. Hierzu werden nachstehend einige Erläuterungen gegeben. Die verschiedenartigen Eintragungen in der Spalte „Toleranz, Gang“ erklären sich folgendermaßen: Sind die Toleranzen auf der Zeichnung in mm angegeben, so trägt der Kodierer immer die Grundtoleranz in μm ein. Liegen dagegen ISA-Passungen vor, so ist die ISA-Qualität mit negativem Vorzeichen zu kodieren. Entsprechend der Übersicht nach Bild 2 hat der Kodierer in den Spalten „Rauh, Steigung“, „Rauh re“ oder „Rauh li“ eine 1 oder eine 3 einzutragen, wenn das betreffende Element oder die eine Länge begrenzende Planfläche 1 oder 3 Bearbeitungszeichen besitzen. Es ist zu beachten, daß bei 2 Bearbeitungszeichen keine Eintragung vorgenommen wird.

Wie aus der Zeichnung hervorgeht, besitzt der Außenzylinder mit dem Durchmesser $D = 36$ rechts ein Formelement. Da es sich in diesem Fall um eine Schräge handelt, ist laut Kodierungsanweisung in der Spalte „Form re“ unter „Art“ die Größe „Winkel + 500“ (= 545) und unter „Breite, Höhe“ die Breite der Schräge (= 1) zu kodieren. Ähnlich erfolgt die Kodierung von Rundungen, anstelle der Winkelangabe tritt die Angabe des Radius. Eine „konvexe“ Rundung liegt vor, wenn die gedachte geradlinige Verbindung zwischen Anfangs- und Endpunkt der Rundung im Innern des Werkstücks liegt, im anderen Fall spricht man von einer „konkaven“ Rundung.

Zur Kodierung der Kegel ist folgendes zu sagen: Eine Schräge wird genau dann als Element Kegel kodiert, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist (anderenfalls wird die Schräge als Formelement eingegeben):

1. Die Kegelschräge besitzt Lauf- oder 1 bzw. 3 Bearbeitungszeichen.
2. Das Steigungsverhältnis 1 : k ist angegeben.
3. Die Kegelschräge besitzt Formelemente.
4. Der Winkel ist toleriert oder mit einer Genauigkeit von Sekunden angegeben.

Es wird bemerkt, daß alle Kegel, für die aus der Zeichnung genau 3 der 4 Bestimmungsstücke Länge, großer Durchmesser, kleiner Durchmesser, Winkel bzw. Steigungsverhältnis zu entnehmen sind, kodiert werden können. Aus dem Beispiel geht weiterhin hervor, daß Angaben der Art „Gewinderille und -fase“ bei der Kodierung nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Grundsätzlich kann gesagt werden, daß genormte, auf der Zeichnung nicht explizit angegebene Daten (Schleifeinstiche, Steigung bei Grobgewinde usw.) nicht kodiert werden. Die Bereitstellung der Standards erfolgt durch das Pro-

Bez.	großer Durchmesser	kleiner Durchmesser	Steigungsverhältnis, Steigungswinkel, Tiefe, Linksgewinde	Toleranz, Gangzahl	Laufgenauigkeit	Oberflächenrauheit, Gewindesteigung	Formelemente links		Formelemente rechts	Exzenter
							Art	Breite, Höhe		
E	Durchmesser D (mm)	Nr. d. Ebene li.	Nr. der Ebene rechts	Toleranz	Lauf li	Lauf re.	Rauh links	Rauh rechts	Formelement rechts	Abstand der entsprechenden Achse von der Drehachse (mm)
G	großer Durchmesser D (mm)	kleiner Durchmesser d (mm)	bei Steigungsverhältnis: -k bei Winkelangabe: α (°)	Winkel (toleranz) (°)	Lauf (μm)	Steigung (mm)	bei bemäßen Gewinde- oder Schleifeinstichen: Breite b + 100 (mm) bei „Spitze“ (bei Grundlochbohrungen): 1000 bei „Schrägen“: Winkel α + 500 (°)	Tiefe t (mm)	Formelement rechts	Eintragungen wie bei „Form li“
K	großer Durchmesser (mm)	kleiner Durchmesser d (mm)	bei Steigungsverhältnis: -k bei Winkelangabe: α (°)	Winkel (toleranz) (°)	Lauf (μm)	Anzahl der Bearbeitungszeichen	Breite b (mm)	Breite b oder (-1) Höhe h (mm)		
M	Nenn-durchmesser (mm)		nur bei Linksgewinde: -1		Lauf (μm)	Steigung (mm)	bei konvexen Rundungen außer „Kuppen“ 1) Radius R (mm) bei „konvexen Kuppen“ 2) Radius R (mm)	Breite b oder (-1) Höhe h (mm)		
P	oberer Durchmesser D (mm)	unterer Durchmesser d (mm)	links von Dmax bzw. dmin: (-1) Tiefe t rechts von Dmax bzw. dmin: Tiefe t (alles in mm)	nur D oder d toleriert: 1 nur Tiefe t toleriert: 2 sowohl t als auch D oder d toleriert: 3	Lauf (μm)	Anzahl der Bearbeitungszeichen	Breite b + 100 oder (-1) Höhe h + 100 (mm)	Breite b oder (-1) Höhe h (mm)		
R	Durchmesser D (mm) (bei gerilltem Kegel großer Durchmesser)	nur bei gerilltem Kegel kleiner Durchmesser (mm)	nur bei gerilltem Kegel: Winkel α (°)		Lauf (μm)	Steigung (mm)	bei konkaven Rundungen außer „Kuppen“ 1) (-1) Radius R (mm) bei „konkaven Kuppen“ 2) Radius R (mm)	Breite b oder (-1) Höhe h (mm)		
T	Nenn-durchmesser (mm)	nur bei Trapezgewinde II = -1	nur bei Linksgewinde: -1	Gangzahl	Lauf (μm)	Steigung (mm)	bei „kein Gewindeeinstich“: -500 bei „Kante scharf“: -500	Breite b + 100 oder (-1) Höhe h + 100 (mm)		
Z	Durchmesser D (mm)	nur bei Formelementen zw. 2 Planflächen kleiner ϕ (mm)		Toleranz	Lauf (μm)	Anzahl der Bearbeitungszeichen				
L	Länge (mm)	Nummer der linken Ebene	Nummer der rechten Ebene	Toleranz	bei Gewindestiften oder -Ringen mit Schlitz, Bohrung als Angabe: -1 Lauf links (μm)	Anzahl der Bearbeitungszeichen links	Anzahl der Bearbeitungszeichen rechts			
Bemerkungen							1) bei Viertelkreisen: Spalte „Breite, Höhe“ freilassen 2) bei genormten Kuppen: Spalte „Art“ freilassen, in Spalte „Breite, Höhe“ - (D/2 + 100) eintragen			

Bild 2

Kodierungsblatt

Benennung		Zeichn.-Nr.		Teil-Nr.		Losgröße		Werkstoff		Halbzeug		Wandstärke	
Bez.	Ø gr. Ø	kl. Ø	Steig.-Verh. Winkel, Tiefe Linksgewinde	Toleranz Gang	Lauf	Rauh Steigung	Form li Breite Höhe	Form re Breite Höhe	Art	Art	Ex- zenter		
	l	Ebene li	Ebene re	Toleranz	Lauf li	Lauf re	Rauh li	Rauh re					
Z	27												
Z	33			-6	20								
Z	60												
Z	36			40					545	1			
-1													
Z	18												
Z	12			-7	20	3							
E	15												
Z	12			-7		3							
K	26		-2		20								
M	30					0,5							
-1													
L	44,5	1	5	200									
L	12	1	3										
L	4,5	1	2										
L	27,5	4	5	200									
-1													
L	1	1	2										
L	5,5	1	3										
L	21,5	3	4										
L	31,5	1	5	10		20		3					

Bild 4

gramm. Bei der Entwicklung dieses Kodierungssystems wurde davon ausgegangen, daß der Aufwand an Denk- und Rechenarbeit für den Kodierer minimal bleiben muß. Alle komplizierteren Berechnungen übernimmt der Automat.

2.2. Aufbereitung der Eingabedaten

Die kodierten Daten werden mit Hilfe eines Einleseprogramms in den Rechner eingegeben. An die Eingabe schließt sich ein Programmabschnitt „Aufbereitung der Eingabedaten“ an, in dem die für die weiteren Berechnungen und Entscheidungen erforderlichen grundlegenden Größen bereitgestellt werden. Dieser Programmteil beinhaltet im einzelnen:

- a) Die Eingabedaten werden sinnvoll in einer für die weitere Verarbeitung im Algorithmus zweckmäßigen Form angeordnet.
- b) Für gleiche Elemente oder Formelemente müssen einheitliche Bestimmungsstücke berechnet werden; dem Wesen nach gleichartige Angaben sind auf eine einheitliche Form zu bringen.

Hierzu einige Beispiele:

Für Kegel und Formelemente, die auf der Zeichnung unterschiedlich bemaßt sein können, werden generell folgende Bestimmungsstücke bereitgestellt:

K e g e l : großer und kleiner Durchmesser, Kegellänge, Winkel oder Steigungsverhältnis, Länge der Hypotenuse;

S c h r ä g e : Winkel, Höhe und Breite der Schräge, Länge der Hypotenuse;

R u n d u n g : Radius, Höhe und Breite der Rundung, Länge der Vordrehschräge.

Die Abspeicherung der Toleranzangaben erfolgt einheitlich in Form der Grundtoleranzen. Liegen ISA-Passungen vor, so rechnet der Automat die kodierten ISA-Qualitäten entspre-

chend den Festlegungen nach TGL 0-7151 in die jeweiligen Grundtoleranzen (in m) um.

Schließlich müssen auch eine ganze Reihe auf der Zeichnung nicht direkt angegebener genormter Daten bereitgestellt werden. Hierzu gehören z. B. die Steigung bei Grobgewinden, der Kerndurchmesser bei Innengewinden, der Radius bei genormten Gewinde- oder Wellenkuppen und die entsprechenden Angaben für genormte Gewinderillen und -fasen. Soweit dies möglich ist und sinnvoll erscheint, werden die in den Standards zumeist tabellierten Werte vom Automat mittels geschlossener Formeln berechnet.

c) Unter Zugrundelegung der kodierten Längen der Zeichnung sind die Teillängen der einzelnen Elemente zu berechnen.

d) Im Algorithmus werden einige konstante Größen benötigt, die die geometrische Struktur des Werkstückes charakterisieren. Es handelt sich hierbei zum Teil um Daten, die der Technologe beim Aufstellen des Arbeitsplanes nicht bewußt verarbeitet bzw. die ihm mit einem Blick auf die Zeichnung bekannt sind. Der Rechner jedoch, der diese Größen für seine Entscheidungen und Berechnungen unbedingt braucht, muß sie sich aus den Eingabedaten exakt herleiten. Hierzu gehören z. B. die Gesamtanzahl der Elemente, die Anzahl der Elemente auf den beiden Seiten des Werkstücks (innen und außen), die Länge dieser Seiten, der maximale Außendurchmesser und der minimale Innendurchmesser.

Nach dem Durchlauf dieses Programmabschnittes sind im Rechner die Vorbereitungen getroffen, um die Abarbeitung des technologischen Teils des Algorithmus zu beginnen. Eine Gesamtübersicht über den Algorithmus wird in Bild 5 gegeben.

3. Algorithmische Beschreibung

Die Ausarbeitung des Algorithmus ist der komplizierteste Teil der Aufgabe und erfordert einen sehr hohen Aufwand. Der Anwendungsbereich hat darauf entscheidenden Ein-

fluß. So würde die Beschränkung auf ein einfacheres Komplexteil, das zum Beispiel den Anforderungen des allgemeinen Maschinenbaus genügt, einen weniger umfangreichen Algorithmus erfordern. Der große Arbeitsaufwand hat seine Ursache nicht nur in der Kompliziertheit der zu lösenden Probleme, sondern ist vor allem auf das Fehlen exakter technologischer Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückzuführen. Es ist bekannt, daß die auf dem Gebiet der technologischen Fertigungsvorbereitung vorliegenden Erkenntnisse nicht in einer solchen Form systematisiert und aufbereitet sind, daß eine sofortige Anwendung von EDVA möglich ist. Deshalb beruhen viele Regeln des vorliegenden Algorithmus auf den Erfahrungen der Technologen.

Mit Hilfe des technologischen Algorithmus simuliert der Rechner die Arbeit der Technologen. Der grobe Ablauf des Programms entspricht im allgemeinen dem Vorgehen des Technologen bei der konventionellen Aufstellung von Arbeitsplänen. Im Algorithmus müssen deshalb alle Faktoren, die die einzelnen Entscheidungen, wie die Wahl der Maschine, die Reihenfolge der Seiten, das Bestimmen der Werkzeuge usw. beeinflussen, enthalten sein. Ein Technologe trifft viele Entscheidungen durch visuelle Begutachtung des konkreten Drehteils. Es ist deshalb eine komplizierte Aufgabe, hierzu allgemeingültige Aussagen zu treffen und wissenschaftlich oder empirisch zu begründen. Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Technologen und Mathematikern ist es aber möglich, diese Angaben in entsprechende Formeln und logische Entscheidungen umzusetzen.

Das Programm wurde für Drehteile aus Rundmaterial oder Rohr mit beliebig vielen Innen- und Außenabsätzen aufgestellt. Einige Einschränkungen ergeben sich aus der Eingabekodierung. Der maximal zulässige Durchmesser ist $D_{max} = 180$ mm und die maximale Länge der Drehteile beschränkt sich auf $L_{max} = 180$ mm. Das Programm ist überdies nicht geeignet, Arbeitspläne für Werkstücke mit Halbzeugdurchmesser $\geq 0,003 \cdot \text{Gesamtlänge} + 0,12 \cdot \text{Gesamtlänge}$ aufzustellen; ebenso werden Teile ausgeschieden, deren Elemente die Länge $L > 100$ oder einen Durchmesser $D \leq 0,003 \cdot L + 0,12 \cdot L$ haben.

Bei der Aufstellung des Programms wurde versucht, die Ergebnisse möglichst in Entscheidungstabellen festzuhalten, wobei die Anzahl der Zeilen und Spalten beliebig ist. Die Elemente können Werte, Formeln oder auch Namen von Unterprogrammen sein. So können alle vorkommenden Tabellen mit einem speziellen Algorithmus abgearbeitet werden.

Damit ist außerdem die Möglichkeit gegeben, die Werte der Tabellen den unterschiedlichen betriebsspezifischen Bedingungen anzupassen. Veränderungen, die durch die Weiterentwicklung der technologischen Fertigungsvorbereitung unvermeidbar sind, lassen sich so leichter im Programm realisieren.

Einige Entscheidungstabellen werden so angelegt, daß sie betriebsspezifische Werte und Bedingungen erfassen, wodurch der Anwendungsbereich des gesamten Algorithmus durch die mögliche Anpassung an die Bedingungen der verschiedenen Betriebe relativ leicht erweitert werden kann.

3.1. Bestellung im Rohlager

Nach dem Aussondern von Werkstücken, die nicht auf der RB 34 und DRT-Maschinen gefertigt werden, wird nach einer Gruppierung der Werkstoffe auf Grund der abzuarbeitenden Spannmenge die Seite bestimmt, die zuerst bearbeitet werden soll. (Bild 5).

Überschreitet diese Spannmenge eine gewisse Grenze oder handelt es sich um ringförmige Teile, die bestimmten Bedingungen genügen, so wird eine Vorbearbeitung im Rohlager vorgeschrieben.

Eine weitere wichtige Entscheidung ist, ob von Stange oder Stück gefertigt werden muß. Ein Werkstück wird vom Stück

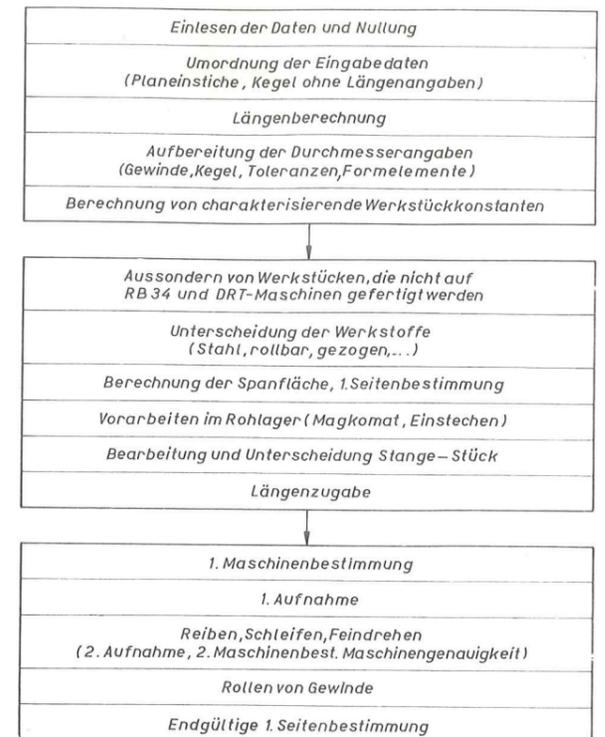


Bild 5 Gesamtübersicht über den Algorithmus

bearbeitet, wenn das Halbzeug > 80 ist oder wenn die folgenden 3 Bedingungen erfüllt sind:

1. Werkstoff ist kein Stahl
2. Kein Rohmaterial
3. $10 \leq \text{Gesamtlänge} \leq 1,2$ maximaler Durchmesser anderenfalls wird Stangenmaterial verwendet.

Aus fertigungstechnischen Gründen ist es notwendig, daß die Rohteile mit einer Längenzugabe aus dem Rohlager bestellt werden. Bei Stückbearbeitung ist diese Zugabe vom Halbzeuggdurchmesser abhängig, während bei der Bearbeitung von Stange als weiteres Kriterium die Differenz zwischen größtem Außendurchmesser und kleinstem Innendurchmesser gilt. Der Rechner kann also die Bestellung für das Rohlager ausgeben.

3.2. Unterprogramme zur Bestimmung eines Arbeitsganges

Einen großen Einfluß auf alle weiteren Entscheidungen hat die Wahl der Drehmaschine. Obwohl das Programm nur für 6 verschiedene Trommelrevolverdrehmaschinen vorgesehen ist, bereiten diese Festlegungen große Schwierigkeiten. Für Teile von Stangenmaterial ist der Halbzeuggdurchmesser entscheidend, während für Stückmaterial neben dem Halbzeuggdurchmesser auch die Länge der zu bearbeitenden Seite und die abzuarbeitende Spannmeng von Einfluß sind. Eigentlich sollte man annehmen, daß für derart grundlegende Entscheidungen allgemeingültige Kriterien existieren müßten, aber das ist nicht der Fall und die Kriterien für die Wahl der Maschine wurden deshalb mehrmals verändert. Das gilt auch für viele andere Entscheidungen. Bild 6 zeigt die Tabelle für das Bestimmen der Maschine im ersten Arbeitsgang.

Auf Grund der Maschinenleistung und einer Gewindebearbeitung kann die so bestimmte Maschine durch das Programm später noch geändert werden.

Für die Maschinenbestimmung der weiteren Arbeitsgänge, insbesondere für das Fertigdrehen, gelten andere Regeln. Die entscheidenden Kriterien sind aber auch der maximale Durchmesser und die Länge der zu bearbeitenden Seite.

Nachdem der Typ der Drehmaschine bestimmt ist, wird die Spannvorrichtung entsprechend dem Flußdiagramm im Bild 7

vom Stück		von Stange		Maschine
Halbzeug- ϕ	Lre, Lli	Halbzeug- ϕ gezogen		
		$\phi \leq 10$ $10 < \phi \leq 15$ (Stahl)	nicht gezogen	RB 34
$\phi \leq 15$	≤ 60	$10 < \phi \leq 15$ (Stahl) $15 < \phi \leq 25$		DRT 25
$15 < \phi \leq 80$	< 80	$25 < \phi \leq 36$	$\phi \leq 35$	DRT 36
$80 < \phi \leq 100$	< 80	$36 < \phi \leq 50$	$35 < \phi \leq 48$	DRT 50
$\phi \leq 100$	< 80	$50 < \phi \leq 63$	$48 < \phi \leq 60$	DRT 63
		$63 < \phi$	$60 < \phi$	DRT 80

Bild 6

festgelegt. Für Teile von Stange dient bei einer DRT das Stangenspannfutter und für die RB 34 eine Spannzange als Aufnahmemittel. Für Werkstücke aus abgesägtem Material wird das Spannfutter gewählt. Rohrmaterial bei Teilen vom Stück erfordert eine besondere Behandlung; beide Seiten werden vorgedreht und in einer dritten Einspannung wird der maximale Durchmesser überdreht.

Nach dieser Vorbehandlung wird mittels UP 2. Aufnahme der Aufnahmedurchmesser für die weitere Bearbeitung bestimmt. Die Art des Spannkopfes wird entsprechend der Größe des Aufnahmedurchmessers festgelegt. Für Teile aus Vollmaterial ist zu beachten, daß die Aufnahmelänge größer als ein Fünftel der Gesamtlänge sein muß.

Bestimmen der Spannmittel für die 2. und alle folgenden Aufnahmen

Maschine	Stange Stück	Drehen	Aufnahme ϕ (mm)	Spannlänge L_s (mm)	Lauf	Spannmittel	Toleranz, die ϕ haben muß oder erhält
190	Stange	fdr	$\phi \leq 15$			Spannzange L 20	
211, ..., 219	Stange, Stück	"	$\phi \leq 80$	$\geq x$	RUN=0	Stangenspannfutter Werkstoffzange	
211, ..., 219	Stück	"	$8 \leq \phi \leq 90$	≥ 25	RUN=0	Spindelkopfzange	ISA = 9
190, ..., 215	^ gezogen	"	$\phi \leq 130$		RUN=0	Spannkopf Form B	$8 < ISA \leq 10$
190 211	Stück	"	$\phi \leq 75$		RUN>0	Spannkopf Form D Zange	ISA ≤ 8
211, ..., 219	Stück	"	$7 \leq \phi \leq 190$		RUN>0	Spannkopf Form E Planzange	ISA ≤ 8
190, ..., 215	Stück	"	$8 \leq \phi \leq 125$			Spannkopf Form D Spreize	ISA ≤ 10
211, ..., 218	Stück	"	$\phi \leq 120$		RUN=0	Spannkopf Form D Futter fest	
211, ..., 218	Stück	"	$\phi > 6$	eingängig Rechtsgew.		Spannkopf Form D Futter fest mit Gewinde	
211, ..., 219	Stück	vodr	$\phi \leq 180$		RUN=0	Spannfutter UFU	

Bemerkung:

- freie Felder bedeuten beliebig
- Rangfolge entspricht der Reihenfolge der Tabelle „Aufnahme“

DRT	x
25	40
36	50
50	60
63	70
80	70

Bild 8 Bestimmen der Spannmittel für die 2. und alle folgenden Aufnahmen

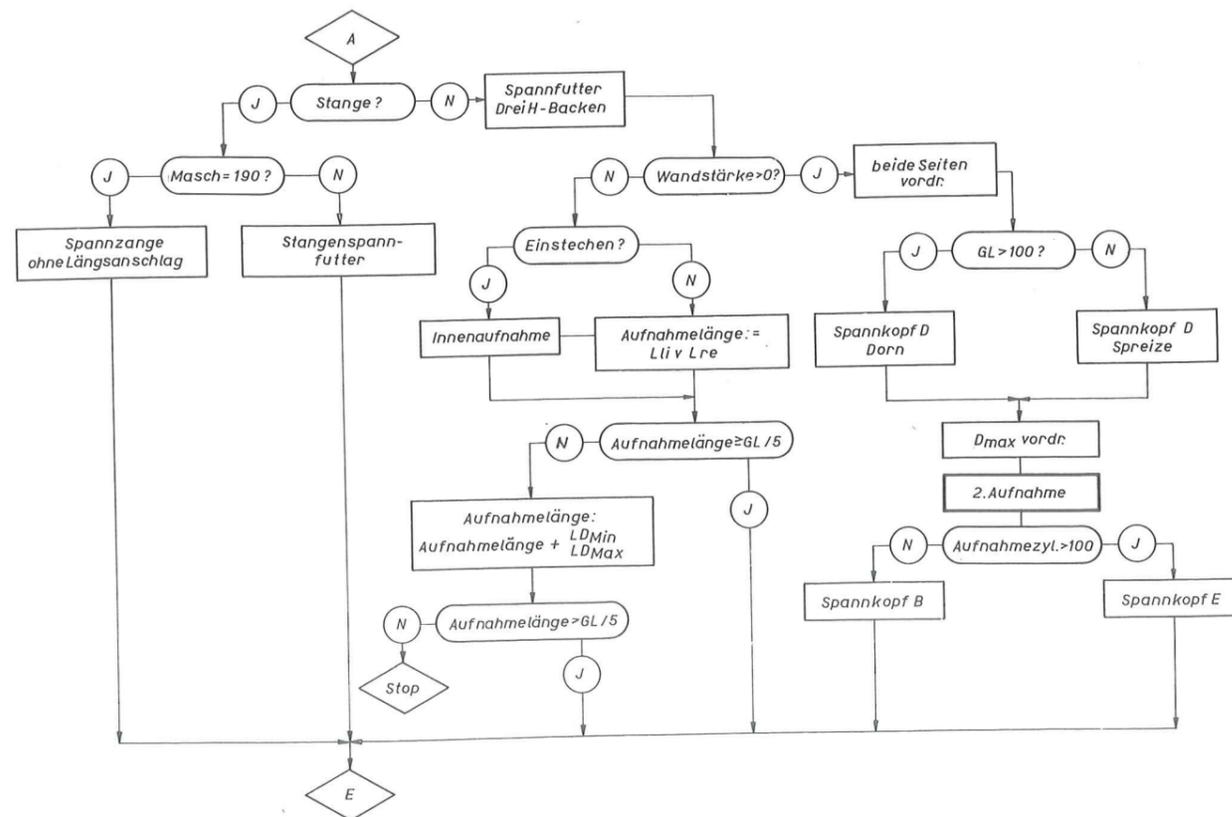


Bild 7

Für das Fertigdrehen werden die Aufnahmemittel im UP „2. Aufnahme“ ermittelt. Der erste Abschnitt dieses Programms befaßt sich mit der Auswahl eines geeigneten Aufnahmezylinders. Dabei werden die folgenden Grundsätze berücksichtigt:

- Wird für beide Seiten des Drehteils Laufgenauigkeit gefordert, so muß der Aufnahmedurchmesser ein Element mit Laufzeichen sein.
- Zylinder mit der Toleranz $IT \leq 7$ sind wegen der Gefahr des Beschädigens nicht zur Aufnahme geeignet.
- Die Aufnahmelänge muß größer als 1 mm sein.
- Außendurchmesser haben auf Aufnahme den Vorzug vor Innendurchmessern.
- Gewinde zur Aufnahme müssen eingängig, größer als 6 und Rechtsgewinde sein.

Das optimale Aufnahmeelement wird unter Beachtung dieser Voraussetzungen so gewählt, daß die mit dem Spannmittel hergestellte kraftschlüssige Verbindung sämtliche bei der Bearbeitung auftretenden Kräfte und Momente aufnimmt. Im zweiten Teil des UP „2. Aufnahme“ wird das Aufnahmemittel gewählt. Bild 8 zeigt die Tabelle mit den wesentlichen Kriterien.

Zur Bestimmung der ersten Bearbeitungsseite genügt es nicht nur, die abzuarbeitende Spannmeng zu betrachten, sondern es müssen noch andere Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Um eine möglichst geringe Zahl von Arbeitsgängen zu erreichen, wird diejenige Seite als erste gedreht, die auf Grund der geforderten Toleranz- und Laufgenauigkeiten auf der gewähl-

ten Maschine fertiggedreht werden kann. Besonders bei Stangenmaterial findet nach dem ersten Arbeitsgang ein Wechsel zu einer Drehmaschine mit höherer Genauigkeit statt, so daß ein Vertauschen der Seiten sinnvoll erscheint. Wenn beide Seiten fertigbearbeitet werden können, erhält natürlich die Seite mit der größeren Spannmeng den Vorzug. Für Teile, die nur auf einer Seite Gewinde besitzen, wird als erstes die Seite ohne Gewinde bearbeitet.

Das UP Vor- und Fertigdrehen.

Beim Vor- und Fertigdrehen kann eine Arbeitsstufe aus einer oder aus mehreren Arbeitsoperationen bestehen. Dann nennt man die Zusammenfassung von mehreren Drehoperationen zu einer Arbeitsstufe unter Berücksichtigung der Folge der Drehmeißel und Bohrer Kopplungen und Kombinationen. Eine Kopplung liegt vor, wenn mehrere Drehmeißel oder Drehmeißel mit einem Bohrer gleichzeitig in einer Revolverlängsbewegung im Eingriff sind und damit mehrere Arbeitsoperationen parallel verrichtet werden. (Bild 9)

Eine Kombination liegt vor, wenn innerhalb der Revolverlängsbewegung und der Revolverplanbewegung zwischen zwei Anschlägen nach einer Drehoperation in Längsrichtung eine in der Planbewegung mit demselben Werkzeug erfolgt oder die Drehoperation mit mehreren Drehmeißeln nacheinander ausgeführt werden (Bild 10).

Beim Drehen einer Seite des Werkstücks gibt es kein ‚reines Vordrehen‘, sondern bei jedem Arbeitsgang ‚Vordrehen‘ wird immer ein Zylinder für die Aufnahme der anderen Seite fertiggedreht. Außerdem werden soviel weitere Elemente fertig-

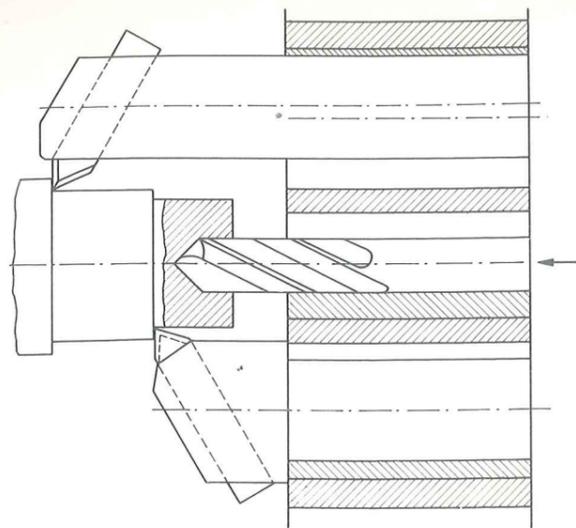


Bild 9 = Beispiel einer Kopplung

dürfen. Das Gewindestreihen wird bei einer Trennung zusammen mit dem Drehen des Zylinders, der Formelemente, der Fase und des Einstichs im folgenden Arbeitsgang durchgeführt, weil ein neuer Arbeitsgang in der Regel einen Maschinenwechsel zu einer kleineren Maschine zur Folge hat. Zu beachten ist dabei, ob die kleinere Maschine, z. B. die RB 34 das Gewinde auch fertigen kann.

Maschine	minimale Spantiefe			maximale Spantiefe		Bohrdurchmesser	
	Paßmaß	Freimaß ▽▽	Freimaß ▽	Stahl	γStahl	mini- maler	maxi- maler
RB 34	0,5	1,0	1,0	2	3	0	5
DRT 25	0,5	1,0	1,0	4	6	5	15
DRT 36	0,5	1,0	1,5	8	10	5	20
DRT 50	0,5	1,0	1,5	10	12	8	30
DRT 63	1,0	1,5	2,0	12	14	10	45
DRT 80	1,0	1,5	2,0	12	14	14	45

Bild 11

Zylinder, deren Spantiefe kleiner als die halbe minimale Spantiefe ist oder deren Länge kleiner als 2 mm ist, werden nicht vorgedreht. Die minimale Spantiefe ist gleich der Zugabe beim Vordrehen. Beim Vordrehen wird die maximale Spantiefe nicht überschritten. Bohrdurchmesser bis 45 mm werden „ins Volle“ gebohrt. (Bild 11).

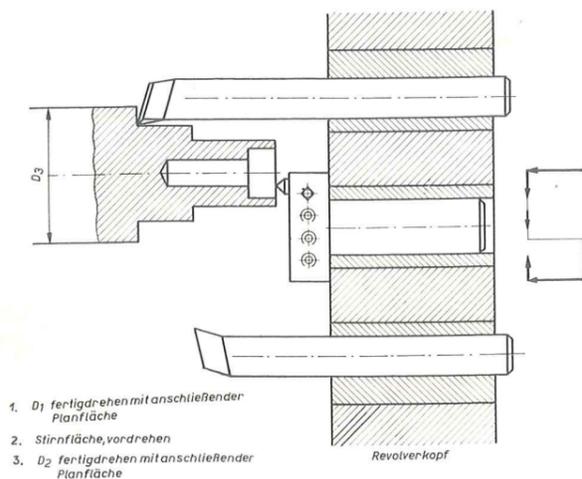


Bild 10

gedreht, wie es die Revolverbestückung und der Gütegrad der Maschine zulassen. Bei den DRT-Maschinen wird die Reihenfolge „Vordrehen aller Zylinder“ und anschließend „Fertigdrehen“ befolgt, während bei der RB 34 dieses Nacheinander nicht eingehalten wird. Denn hier besteht die Möglichkeit, mit demselben Drehmeißel vor- und fertig zu drehen.

Für das teilweise Fertigdrehen einer Seite, bedingt durch hohe Genauigkeiten oder ausgelasteten Revolverkopf, müssen die folgenden Elemente innerhalb eines Arbeitsganges gedreht werden:

Zylinder, Kegel, Gewinde, Einstiche, Plancinstiche und Planflächen mit Laufzeichen,

Zylinder und anschließende Planfläche,

Zylinder und Stirnfläche (bzw. vorhergehende Planfläche) oder

Zylinder und dazugehörige Formelemente wie Fasen, Rundungen.

Allgemein kann man also sagen, daß zueinander mit Laufzeichen versehene Elemente und mögliche Kombinationen nicht durch die Aufteilung der Arbeitsgänge getrennt werden

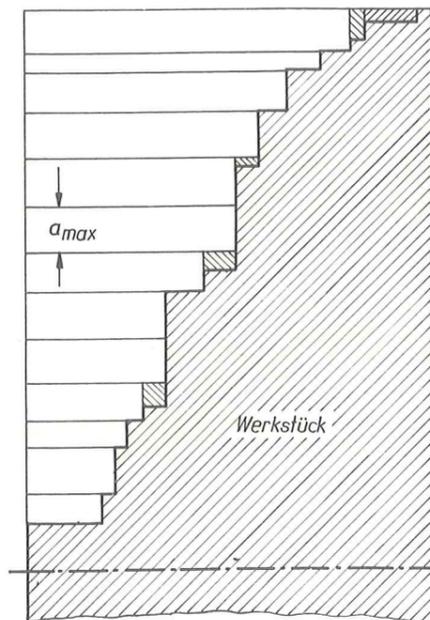


Bild 12

Die Abarbeitung des Spanvolumens geht davon aus, daß die Summe der Längswege unter Ausnutzung der maximalen Spantiefe ein Minimum wird. Bild 12 veranschaulicht die Wirkungsweise des Algorithmus. Es ist noch zu untersuchen, ob die Zylinder mit der kürzesten Länge als Reste bleiben, anderenfalls können der vorhergehende oder der folgende Zylinder gedreht werden, falls sich dadurch nicht die Anzahl der Schnitte erhöht. Zylinder mit einer Länge bis 5 mm und einer Spantiefe, die größer als die zulässige ist, werden plangedreht. (Bild 12)

Der Ablauf des Vordrehens ist folgender:

Bei allen Teilen von Stück, die nicht ausgestochen sind, wird als erstes die Stirnfläche gedreht, weil dann für die weitere Bearbeitung die günstigen Zerspanungsbedingungen auftreten. Dann werden alle Innen- und Außenelemente als Zylinder gebohrt und vorgedreht. Die Innendurchmesser werden vom größten zum kleinsten gebohrt. Zylinder mit Laufzeichen werden außerdem noch vorgedreht. Innendurchmesser mit einem Bearbeitungszeichen werden nicht vorgebohrt, sondern gleich fertiggebohrt. Der kleinste Innendurchmesser wird immer vorgebohrt, alle anderen nur, wenn sie eine bestimmte Länge im Verhältnis zu ihrem Durchmesser überschreiten:

$$\text{Bohrungslänge} > 1/3 \cdot \text{Durchmesser} + 3$$

Ist der größte zu bearbeitende Innendurchmesser kleiner als 6 mm und mit Laufgenauigkeit oder Toleranz versehen, so wird er zentriert, anderenfalls nur angebohrt. Das Anbohren wird ebenso wie das Bohren als Kopplung mit Außendurchmessern oder einem Außendurchmesser durchgeführt, falls letztere vorhanden sind.

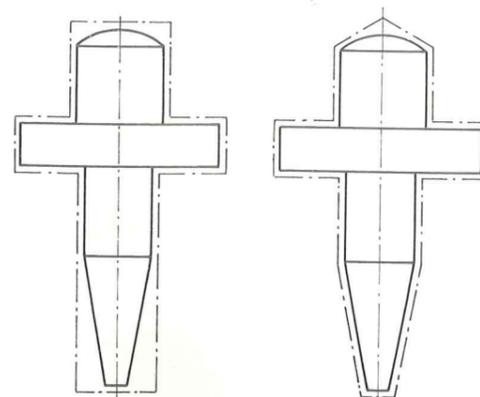


Bild 13

Bild 15

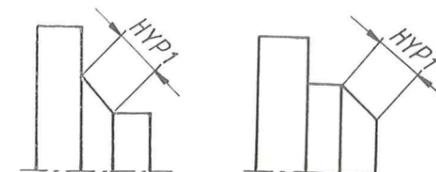


Bild 14a und 14b

Nach Beendigung des Bohrens oder für den Fall, daß keine Innendurchmesser vorhanden sind, werden alle noch zu drehenden Zylinder als Kopplungen vorgedreht. Für diese Kopplungen kommen in Betracht: 2 Innenzylinder oder 1 Innenzylinder und 1 Außenzylinder oder 2 Außenzylinder. Bei Kopplungen muß getestet werden, ob diese Kopplung von der Revolverbestückung her möglich ist. Bild 13 zeigt ein Drehteil nach dem Vordrehen aller Zylinder.

Anschließend werden die Plancinstiche plan oder längs eingestochen, wenn sie toleriert sind. Einstiche, deren Breite größer als die doppelte Stahlbreite ist, werden freigedreht (längs eingestochen), außerdem werden alle tolerierten mit einer Breite kleiner als die doppelte Stahlbreite plan eingestochen. Beim Vordrehen der Kegel und Schrägen unterscheiden wir zwei Grundformen, die im Bild 14 gezeigt werden.

Abhängig von der Länge der Schräge oder des Kegels, dem Werkstoff und der Maschine wird bestimmt, ob vorgedreht

wird oder nicht. Das Vordrehen von Rundungen ist analog der Form in Bild 14 a. Rundungen werden vorgedreht, wenn der Radius größer 2 bei der RB 34 und Radius größer 3 bei DRT-Maschinen ist. Für den Winkelbereich $30^\circ < \alpha < 45^\circ$ wird mit Leitlineal vorgedreht, andernfalls mit Formstahl. Bild 15 zeigt ein Werkstück nach Beendigung des Vordrehens.

Beim Fertigdrehen werden als erstes alle Außen- und Innenzylinder fertiggedreht; alle Formelemente, Plan und Stirnflächen werden mit diesem Zylinderdrehen kombiniert, wenn es die Revolverbestückung zuläßt. Zylinder, die geschliffen, gerieben, feingedreht oder die noch mit Gewinde versehen werden, erhalten die entsprechenden Zugaben.

Einen Sonderfall bilden diejenigen Zylinder, deren Planfläche zu anderen Planflächen oder zu Stirnflächen toleriert sind, also tolerierte Längen. Diese unterliegen besonderen Bedingungen. Die zu einander tolerierten Planflächen müssen in einer Kombination gedreht werden; Voraussetzung ist natürlich, daß sich beide Planflächen auf der gleichen Seite des Drehteils befinden. Weiterhin ist noch zu beachten, daß End-einstiche auf Elementen mit der Planfläche zusammen gedreht werden. Im folgenden wird eine Übersicht über die Kombinationsmöglichkeiten beim Längsdrehen gegeben:

Da — Da — Ps; Da — Da;
 Da — Di — Ps; Da — Di; Da Durchmesser außen
 Di — Di — Ps; Di — Di; Di Durchmesser innen
 Da — P — Ps; Da — P; P Planfläche
 Di — P — Ps; Di — P; Ps Stirnfläche
 P — P — Ps; P — P;

Die bestmögliche Kombination wird in einem Unterprogramm der Revolverbestückung bestimmt.

3.3. Revolverbestückung und Werkzeugbestimmung

Die Revolverbestückung ist die spezielle Werkzeugbestückung der Revolverdrehmaschinen. Durch die große Vielzahl der Möglichkeiten für eine Werkzeugbestückung von Trommelrevolverdrehmaschinen wird ein großer Einfluß auf die gesamte Technologie dieser Fertigungsart ausgeübt. Die besondere Bedeutung für den Algorithmus des Drehens mit diesem Maschinentyp gegenüber allen anderen Drehalgorithmen findet ihren Niederschlag in dem großen Arbeitsaufwand, der für die Analyse des Systems, die organische Verschmelzung mit dem gesamten Algorithmus und die Programmierung bewältigt werden muß. Heute werden außer für die automatischen DRT-Maschinen der Fertigung keine Unterlagen in Form eines Revolvereinstellplans ausgearbeitet. Dem Dreher oder Einrichter werden in dieser Richtung keine Hinweise gegeben. Sie entscheiden selbst, in welcher Weise sie den Revolverkopf bestücken. Bild 16 zeigt die zur Fertigung eines bestimmten Werkstücks erforderliche Bestückung in einer Abwicklung und einer Vorderansicht des Revolverkopfes.

Die Technologen jedoch müssen sich beim Aufstellen der Arbeitspläne einige Gedanken über die Revolverbestückung machen. Für sie ist es von Interesse zu erfahren, ob die erforderlichen Werkzeuge in einer Revolverkopfeinspannung untergebracht werden können oder weitere Aufspannungen nötig werden. Diese Entscheidung ist wichtig, weil davon gleichermaßen abhängt, ob für das Drehteil weitere Arbeitsgänge erforderlich sind. Sie exakt zu treffen, ist nur über aufwendige Berechnungen unter Einbeziehung einer Vielzahl von Daten möglich. Das hierbei zu bewältigende Arbeitspensum steht in keinem vertretbaren Verhältnis zum Gesamtaufwand für das Aufstellen der Arbeitspläne. Die Rechengeschwindigkeiten von EDVA rechtfertigen jedoch die Bearbeitung solcher umfangreicher Aufgaben und führen damit unmittelbar zur qualitativen Verwendung der technologischen Arbeitsinformationen.

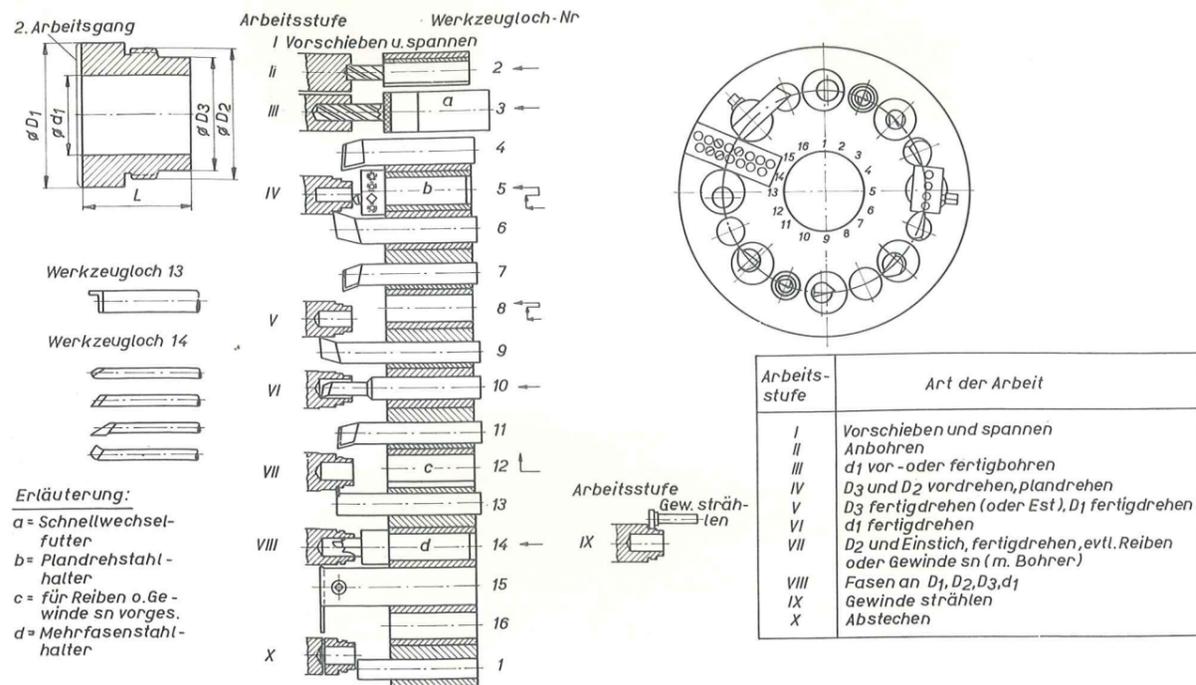


Bild 16

Von den Technologen wird diese Entscheidung durch großzügige Schätzungen unter Einbeziehung ihrer Erfahrungen gefällt. Es ist bekannt, daß sie dabei zu den unterschiedlichsten Ergebnissen kommen und der Dreher wiederum andere Lösungen findet.

Im Programm AUTOTECH/Revolverdrehen wird ebenfalls die Aussage benötigt, ob aus der Revolverbestückung ein weiterer Arbeitsgang resultiert. Diese Aussage muß das Programm selbst ermitteln. Es darf im Fall der Revolverbestückung nicht auf den Erfahrungen der Technologen aufgebaut sein, da diese nicht eindeutig und die Ergebnisse der Schätzungen unzureichend sind.

Wenn heute auf Grund von Schätzungen und Faustregeln Fehlentscheidungen beim Aufstellen der Arbeitspläne von Technologen getroffen werden, so können diese durch den Arbeiter an der Maschine revidiert werden, denn dieser hat für das jeweilige Einzelteil die Möglichkeit, die konkreten Faktoren in seine Überlegungen einzubeziehen. Sein Ergebnis muß aber nicht notwendigerweise optimal sein, denn sein Herangehen an dieses Problem läuft im wesentlichen auf Probieren hinaus.

Zur Vorbereitung der Algorithmisierung der Revolverbestückung wurden zunächst die Faktoren untersucht, die darauf Einfluß nehmen. Dies sind entsprechend dem System „Werkstück— Werkzeug— Maschine“, dessen Beziehungen durch das Programm AUTOTECH/Revolverdrehen beschrieben werden: das Werkstück, die Werkzeuge einschließlich der Werkzeughalter und der Revolverkopf nebst Anschlägen und Spannmitteln. Das genaue Studium ergab, daß sich eine exakte Revolverbestückung nur mit großem Aufwand verwirklichen läßt. Um diesen Aufwand zu verringern, wurde untersucht, inwieweit Vereinfachungen getroffen werden können. Es interessiert besonders die Frage, unter welchen Bedingungen eine Unterbringung aller zur Bearbeitung einer Werkstückseite nötigen Werkzeuge immer gewährleistet ist. Neben der Kompliziertheit des Werkstücks spielen auch die vorliegenden Abmessungen eine wesentliche Rolle. Die Tabelle in Bild 17 zeigt die maximalen Durchmesser in Abhängigkeit von der Bearbeitungsmaschine und der Anzahl der Durchmesser an einer Seite des Werkstücks, das mit 98 pro-

zentiger Wahrscheinlichkeit in einer Revolverkopfaufspannung bearbeitet werden kann. Aus ihr geht hervor, daß zu wenig Teile, besonders bei einem komplizierten Teilespektrum diesen Bedingungen genügen.

Die Berechnungen mit vereinheitlichten Werkzeugschaftdurchmessern oder Schneidengängen durchzuführen, ist nicht möglich. Auch Vereinfachungen werkstückseitig, wie Annahme von mittleren Durchmessern, kann man sich nicht erlauben. Insgesamt führten die Untersuchungen zu dem Schluß, daß das Programm „Revolverbestückung“ auf möglichst exakten Berechnungen fundieren muß.

Bevor dieser Abschnitt die Revolverkopfbelegung simuliert, muß ein Programmabschnitt die Werkzeuge bestimmen. Der jeweiligen Arbeitsoperation wird daher eindeutig ein Werkzeug zugeordnet. Da man sich auf die genauen Abmessungen stützen muß, kann die Vielfalt der individuell geschliffenen Werkzeuge nicht mit erfaßt werden. Eine Beschränkung auf Normwerkzeuge ist zwingend, stellt aber keine zu starke Einschränkung dar, weil für jede Werkzeugart genügend feine Maßabstufungen existieren.

Für die Auswahl sind bestimmend

- die Grund- und Formelemente des Werkstücks
- die zwischenzeitlichen Maße vom Rohling bis zum fertigen Werkstück

Anzahl der ϕ				D_{max} bei Maschine (mm)			
außen	innen	außen	innen	DRT 63/80	DRT 50	DRT 36	DRT 25
3	2	—	—	45	35	30	25
3	1	2	2	50	40	35	30
3	0	2	1	65	50	44	37
2	0	1	1	85	70	60	50
1	0	—	—	130	100	85	75

Bild 17

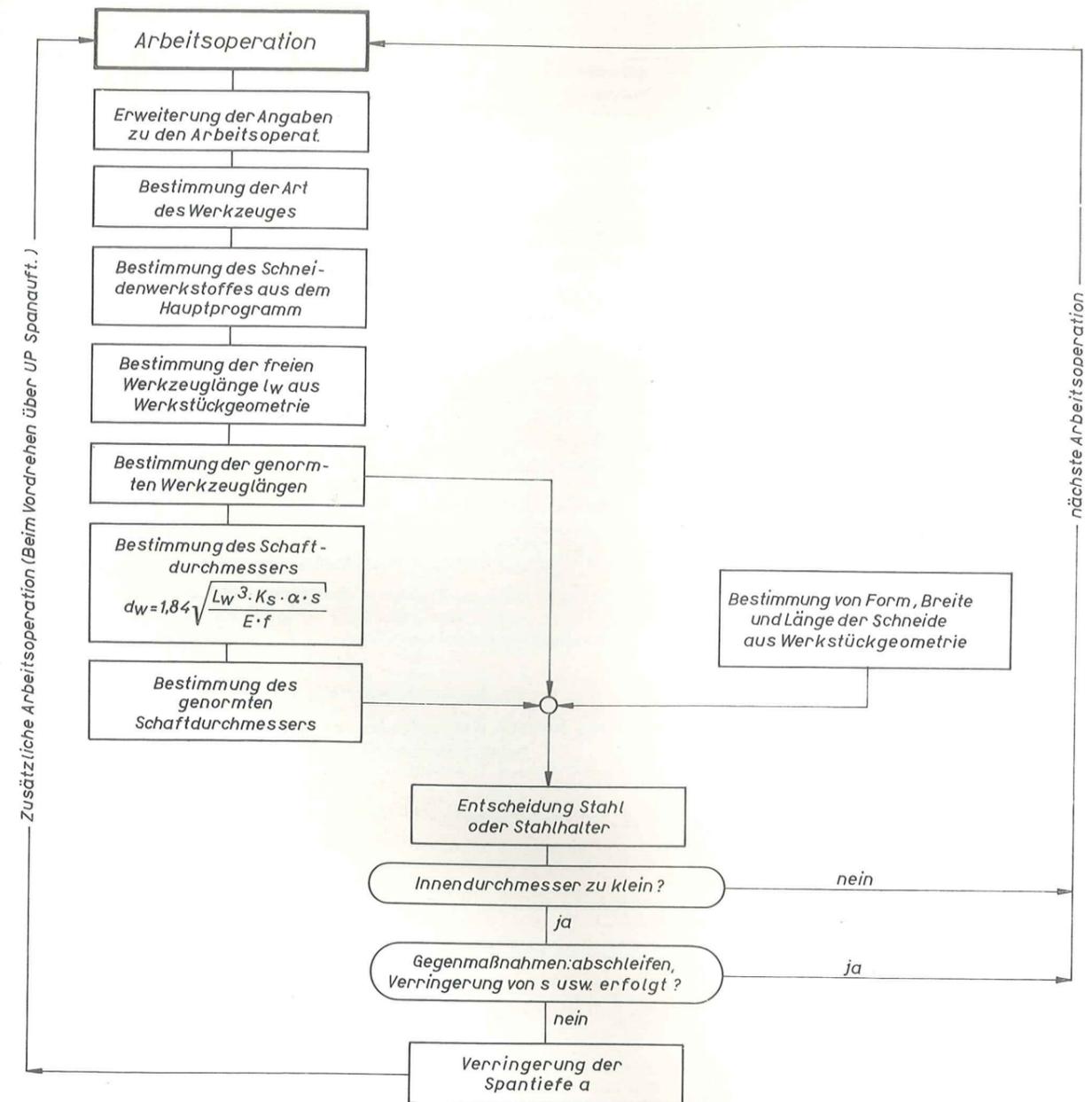


Bild 18 Ablauf der Werkzeugbestimmung

- der Werkstoff des Werkstücks
- Vorschub und Spantiefe.

Neben speziellen Werkzeugdaten müssen außerdem technologische Bedingungen und Regeln über Verwendungszweck u. a. gespeichert werden.

Die Werkzeugbestimmung ist so konzipiert, daß Werkzeuge ausgewählt werden, die bei minimalen äußeren Abmessungen noch sicher den jeweiligen Belastungen gerecht werden. Eine Änderung der getroffenen Festlegungen wird nur durch zu kleine Durchmesser bei der Innenbearbeitung verursacht. Den groben Ablauf des Programmabschnitts „Werkzeugbestimmung“ zeigt Bild 18.

Nachdem sämtliche Werkzeuge bestimmt sind, kann das Programm „Revolverbestückung“ ablaufen. Zuerst wird getestet, ob sich die vom Programm „Drehen“ vorgeschlagenen Kopp-

lungen am Revolverkopf verwirklichen lassen; die realisierbaren werden zusammengestellt. Damit erzielt man eine Teilrevolverbestückung. Daran anschließend werden Kombinationen zusammengestellt, wobei gleichzeitig eine Reihenfolge für die Arbeitsoperationen erarbeitet wird.

Für den Aufbau solcher Reihenfolgen gibt es gewisse Regeln, auf deren Grundlage man die Arbeitsoperationen mit Wertigkeiten versehen kann. Allerdings ist diese Rangwertigkeit, entsprechend dem zwischenzeitlichen Zustand des Werkstücks, einer laufenden Umbewertung unterworfen. Die Zahl der Anordnungen, die sich für n Werkzeuge ergeben (es sind n-Fakultät) kann durch technische Gesichtspunkte stark herabgesetzt werden, so daß zuletzt ein Variantenvergleich auch für eine Werkzeugzahl, die größer als 4 ist, in den Bereich des Realisierbaren rückt. Daraus folgt, daß es im Interesse einer optimalen Revolverkopfauslastung für gleichwertige Drehoperationen zweckmäßiger ist, die Reihenfolge statt vom

Literaturzusammenstellung zum Thema „Einsatz von EDVA zur Rationalisierung der technischen Produktionsvorbereitung“

1. Graphische Ein- und Ausgabe

1. I. E. Sutherland: „Computer inputs and outputs“. Scientific American Sept. 1966, S. 86—96
2. L. C. Hobbs: „Display applications and technology“. Proceedings of the IEEE Dez. 1966, S. 1870—1884 (mit 110 Lit.-Stellen)
3. D. E. Weisberg: „Computer-controlled graphical display; its applications and market“. Computer and Automation Mai 1964, S. 29 u.f.
4. C. F. Smith: „Graphic systems for computers“. Computers and Automation Nov. 1965, S. 14 u.f.
5. Loewe u. a.: „Computer generated displays“. Proc. of the IRE Jan. 1961, S. 185
6. K. Ganghorn und W. Walter: „Optische Kopplung, Mensch — Datenverarbeitungsanlage“. Umschau 1967, Heft 2, S. 42—46
7. Zeitschrift (Loseblatt-Ausgabe): „The computer display review“ (USA). Adams Associates Inc. Cambridge, Mass.
8. Gruenberger: „Computer graphics; utility, production, art. Washington, Thompson; London, Academic Press (1967) 225 pp.
9. Tagung: „Einsatzmöglichkeiten für Zeichengeräte mit Lochstreifen-, Lochkarten- oder Magnetbandsteuerung“. Vortragsveröffentlichungen Heft 3 (14.64) Haus der Technik e. V. Essen

2. Kodierung geometrischer Gebilde

1. Roberts: „A graphical service system with variable syntax“. Com. of the ACM März 1966, S. 173
2. Luh, Krolack: „A mathematical model for mechanical part description“. Com. of the ACM Febr. 1965, S. 175
3. Keiphardt: „Descriptran — automated descriptive geometry“. Com. of the ACM Juni 1963, S. 336

4. Ausgabe

Die Festlegung der Form der Ausgabe der vom Rechner ermittelten Daten stellt ein weiteres Problem bei der Entwicklung solcher Programme dar. Wie erste Untersuchungen in verschiedenen Industriezweigen ergeben haben, sind für die Fixierung der technologischen Arbeitsinformationen in bezug auf Form und Inhalt die vielfältigsten Varianten anzutreffen (z. B. Trennung zwischen Arbeitsplan und Arbeitsunterweisung, mnemotechnische Festlegungen usw.). Über die Gestaltung der Ausgabe für eine allgemeine Anwendung wurden deshalb z. Z. noch keine Festlegungen getroffen. Der Inhalt der vom Rechner ausgegebenen Daten soll deshalb hier nur am Beispiel erläutert werden.

Wie aus Bild 21 zu ersehen ist, besteht der Kopf des Arbeitsplanes aus allgemeinen Angaben, Auftrags- und Sachnummer, Stückzahl, Werkstoff, Einsatzgewicht und Abmessung des Werkstoffs werden vom Programm bestimmt, während alle anderen Angaben eingegeben werden müssen.

Die vierte Spalte des Formulars enthält die Vorbereitungs- und Abschlußzeit $t_A = 100$ Minuten und den Arbeitsvorgang 218, der Drehen auf der DRT 63 bedeutet. Die t_s -Zeit wird zur Zeit nur für den gesamten Arbeitsgang ausgegeben. Künftig wird mit Hilfe des Programms die Grundzeit und auch

4. Goranski: Kodierungssystem für die Informationen in der Maschinenbauprojektierung. Rechentechnik im Maschinenbau 1 (1965), S. 38—120 (russ.)
5. Starodjetko, Rutter: „Über Methoden der Kodierung von Maschinenelementen“. Rechentechnik im Maschinenbau 1 (1965), S. 121—128 (russ.)
6. Griwatschewitsch, Gorelik, Sosulewitsch: „Ein Kodierungssystem für Konturen flacher Teile“. Rechentechnik im Maschinenbau 1 (1965), S. 144—147 (russ.)
7. Gorelik, Lambin: „Kodierungssystem der geometrischen Information über die Konturen flacher Teile“. Rechentechnik im Maschinenbau 1 (1965), S. 148—170 (russ.)
8. Gorelik, Sosulewitsch, Griwatschewitsch: „Die Ausgangsinformation für die automatische Konstruktion von Stanzteilen mit Rechenautomaten“. Rechentechnik im Maschinenbau 1 (1965), S. 185—192 (russ.)
9. Zwetkow: „Kodierungssystem und Fragen des Aufbaus einer Informationssprache für die Beschreibung der Ausgangsinformationen bei der technologischen Projektierung“. Rechentechnik im Maschinenbau 1 (1965), S. 193—224 (russ.)

3. Einsatz von EDVA zur Konstruktion

1. G. K. Goranski: „Automation für die Projektierung von Maschinen aus standardisierten und einheitlichen Baugruppen und Teilen mit Hilfe digitaler Rechenmaschinen“. Standardisierung, Nr. 11/1964 (russ.)
2. Prince: „Man-computer graphics for computer aided design“. Proceedings of the IEEE Dez. 1966, S. 1698—1708 (mit 83 Lit.-Stellen)
3. Cohen: „Designing with computers“. Sperry Engng. Rev. Bd. 19, Nr. 4 (1966), S. 43—48
4. „Computer-aided design“. Machinery Jan. 1967, S. 125—127
5. Herbst: „Designing equipment with computers“. Bull. Lab. Rec. Vol. 44, No. 4 (April 1966), S. 129—134
6. Gould: „Some problems of computer-aided design“. Computer Bull. Bd. 10, Nr. 3, Dez. 1966, S. 64—68
7. „Computer aided design“. Electronics, Sept. 1966, S. 110—123, Nov. 1966, S. 68—74, Dez. 1966, S. 56—62, Jan. 1967, S. 88—103
8. S. S. A. Coons: „The uses of Computers in technology“. Scientific American, Sept. 1966, S. 177—188
9. Goranski: „Zur Theorie der Automatisierung der Ingenieurarbeit“. Minsk: Akademie-Verlag der BSSR 1962 (russ.)

die arbeitsstufenabhängige Hilfszeit für jede Arbeitsstufe ausgedrückt. Die Beschreibung der Dreharbeiten wird der zur Zeit üblichen im Inhalt, aber nicht in der Form entsprechen. Ebenso wird in der letzten Spalte das Spannmittel und Lehren oder anzeigende Meßmittel erscheinen. Den Vorschub s und die Drehzahl n werden ebenfalls vom Programm bestimmt. Veränderungen werden sich als Folge des Programmteils Revolverbestückung und Werkzeugbestimmung ergeben. Für jede Arbeitsoperation ist die Angabe, in welches Aufnahmeloch das zugehörige Werkzeug zu kommen hat, erforderlich. Dabei werden die Art und die Maße des Werkzeugs mit angegeben. Zur Charakterisierung der Einspannung und der Lage des Werkzeugs wird die freie Länge, die Schneidrichtung und die Entscheidung, ob Kopfstellung vorliegt, ausgedrückt, ebenso Art, Maße, Einspannung und Lage der Werkzeugvorrichtungen. Von großem Nutzen ist auch die Angabe der Längs- und Plananschlüge, durch die der Dreher die Anschläge an der Maschine nur noch fein einzustellen braucht. Weiterhin können noch eventuell abzuarbeitende Abweichungen von den Maßen des Normenwerkzeuges ausgedrückt werden.

Darüber hinaus liefert die EDVA die aus den geometrischen Informationen sowie die aus dem Arbeitsplan abgeleiteten Organisationshilfsmittel.

10. K. Ganghorn und W. Walter: „Automatisierte Konstruktion“. Umschau 1967, Heft 1, S. 4—9
11. Kapfberger u. a.: „Die elektronische Rechenanlage als Hilfsmittel bei der Herstellung von Werkstattzeichnungen“. Konstruktion Bd. 19, Heft 1 (1967), S. 1—7
12. Bitonti u. a.: „Am computer-aided linkage analysis system“. IBM Systems Journal Vol. 4 No. 3 1965, S. 200—223
13. Newman: „An experimental program for architectural design“. Computer Journal 1/1966, S. 21 u.f.
14. Fair u. a.: „Note on the computer as an aid to the architect“. Computer Journal 1/1966, S. 16 u.f.
15. „Automated Design Engineering“. IBM-Druckschrift E 20 — 8151 — 0
16. „Automated Design Engineering System“. (Reference Manual) IBM-Druckschrift
17. „Technische Angebots- und Auftragsbearbeitung“. IBM-Druckschrift 76 107 — 0
18. „ADE — ein weiterer Baustein der integrierten Datenverarbeitung“. IBM-Druckschrift 78 177
19. Walker: „How the computer can help the designer“. New Scientist (Nr. 417) 12. Nov. 1964
20. Gattnar: „Probleme der Vorbereitung des Einsatzes von Datenverarbeitungsanlagen als Hilfsmittel des Konstrukteurs“. Maschinenbautechnik 16 (1967) Heft 7, S. 342—345

4. Einsatz von EDVA zur Programmierung numerisch gesteuerter Maschinen

1. VDI-Bildungswerk, Oktober 1964, Lehrgang, 17 Vorträge: Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, Einführung in Konstruktion und Anwendung
2. Willburg: Computer assistance speed all programming (schnellere Programmierung mit Hilfe eines Computers). Metal working Production, London 105 (1961) Aug., S. 63—65
3. Ross, Douglas, T.: Popis automaticke programovani numericky rizenych obrabecich stroju (APT) (Beschreibung der automatischen Programmierung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen [APT]). Symposium o automatizaci obrabecich strojz, Praha 1960 S. 20—26, 12 Abb.
4. AUTOSPOT — AUTOMATIC System for POSITIONING TOOLS. IBM-General Informations Manual 1962, 16 Seiten
5. Tamm, B. C.: Sistema avtomaticheskogo programirovaniya dlja stankov (Automatisches Programmierungssystem für Werkzeugmaschinen).
6. Profidata Handbook, Ferranti — May 1964, 43 S.
7. Handbook of Planning for Computer — controlled machine Tools. Ferranti — Oktober 1964, 32 S.
8. Lehrgang VDI-Bildungswerk: „Programmieren numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen“.
9. Rohs, H. G.: „Zur Vereinheitlichung der Programmierung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen“. Industrieanzeiger 87 (1965) 69, S. 1622—1624
10. ICT Milmap: Milwaukee-Matic-Programm; ICT London 1. Auflage Sept. 1965. Technical Publication 3317
11. Müller-Traut, H.: „Vergleich manueller und symbolischer Programmierung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen“. Maschinenmarkt (1966) 1, S. 27—35, 52, 15 B
12. Jester, K.: „Programmierverfahren für Punkt- und Streckensteuerung mit einer Rechenanlage“. BBC-Nachrichten 48 (1966) 4, S. 242—244, 3 B
13. Richter, H., und Hüther, B.: „Maschinelle Programmierung von bahngesteuerten Fräsmaschinen“. Druckschrift IFW Karl-Marx-Stadt, Juli 1966, 15 S., 14 B.
14. Simon, W., Opitz, H.: EXAPT 1 Sprachbeschreibung, Oktober 1966. Druckschrift TH Aachen, TU Berlin

5. Algorithmische Beschreibung technologischer Prozesse

1. Zwetkow: „Das automatisierte System der technologischen Produktionsvorbereitung“. Wissenschaftlich-technischer Sammelband des Instituts für technische Organisation und Leitung (ZNTU/Minsk) 1966 (russ.)
2. Zwetkow, W. D.: „Prinzipien für die Projektierung optimaler technologischer Prozesse im Maschinenbau“. Der Maschinenbauer 1965, Nr. 6
3. Lipatow, D. K., Toporischtschewa, S. A.: „Ein Algorithmus für die Projektierung technologischer Prozesse für Kaltstanzen“. Gorki, Projektierungs-, technologisches und wissenschaftliches Forschungsinstitut des Wolga-Wjatsker SOWNARCHOS, Arbeiten des Institutes, 1964, H. 1
4. Beljakowa, L. B., Orchowa, O. M., Dmitriewskaja, O. W.: „Ein Algorithmus für die rationelle Erschließung von Streifen für Figuranfertigen“. Gorki, Projektierungs-, technologisches und wissenschaftliches Forschungsinstitut des Wolga-Wjatsker SOWNARCHOS, Arbeiten des Institutes, 1964, Heft 1 (russ.)
5. Perwin, Ju. A.: „Die Anfertigung von Schnittwerkzeugen von Maschinenbauteilen auf elektronischen Rechenmaschinen“. Gorki, Projektierungs-, technologisches und wissenschaftliches Forschungsinstitut des Wolga-Wjatsker SOWNARCHOS, Arbeiten des Institutes, 1964, Heft 1 (russ.)
6. Griwatschewski, A. G., Sosulewitsch, D. M.: „Prinzipien der Algorithmisierung der Konstruktion von Stanzwerkzeugen bei der Benutzung universeller elektronischer digitaler Rechenmaschinen“. „Rechentechnik im Maschinenbau“, Minsk, Wiss.-techn. Sammelband des Instituts für technische Kybernetik der Akademie der Wissenschaften der Weißrussischen SSR, Sept. 1966 (russ.)
7. Malinowski, B. N., Skurichin, W. I., Spynu, G. A.: „Die digitale Methode in der Technologieprojektierung bei der Herstellung von Schiffsbauteilen“. Sammelheft: Rechentechnik für die Automation der Produktion, Staatl. Verlag für das Maschinenbauwesen 1964 (russ.)
8. Goranski, G. K., Wladimirow, E. W.: „Das mathematische Modell eines optimalen Schneid-Regimes bei der Bearbeitung von Teilen auf Gewindefräsmaschinen“. Sammelheft: Rechentechnik im Maschinenbau, Minsk, Institut für technische Kybernetik der Akademie der Weißrussischen SSR, Jan. 1966 (russ.)
9. Wladimirow, E. W.: „Automation der Bestimmung der Schneid-Regime und technischen Zeitnormen bei der Teilerbearbeitung auf Gewindefräsmaschinen“. Technisches Informationsblatt Minsk, INTIP, Weißrussische SSR, H. 72, 1965 (russ.)
10. Wladimirow, E. W.: „Automation mit Hilfe elektronischer Rechenmaschinen bei der Bestimmung von Schneid-Regimen und technischen Normzeiten zur Teilbearbeitung auf Vertikal- und Radial-Bohrmaschinen“. Siehe Sammelheft: Rechentechnik im Maschinenbau, H. 1, Minsk, Institut für technische Kybernetik der Akademie der Wissenschaften der Weißrussischen SSR, 1965 (russ.)

6. Ökonomische Probleme der Rationalisierung der technischen Produktionsvorbereitung

1. Wladimirow: „Techn.-ökonomische Ergebnisse der versuchsartigen industriellen Einführung der Normzeitbestimmung mit Hilfe von elektronischen Rechenanlagen“. Rechentechnik im Maschinenbau, Okt. 1966 (russ.)
2. Goranskij, G. K., Kowaljow, L. A., Simonowskij, D. L.: „Der Nutzeffekt der Automatisierung der Produktionsvorbereitung“. Rechentechnik im Maschinenbau, Okt. 1966 (russ.)

Zweckmäßiger Aufbau von Sachnummern in Betrieben des Maschinenbaus bei der Einführung der elektronischen Datenverarbeitung

Dipl.-Ing. Rolf Heinemann, Institut für Datenverarbeitung Dresden

1. Einleitung

Viel ist in den letzten Jahren über Benummerungssysteme gesprochen und geschrieben worden. Die Einführung der Lochkartentechnik sowie der EDV zwang die Betriebe zu einer Überarbeitung alter Nummernsysteme bzw. zur Schaffung neuer Nummernsysteme. In den Maschinenbaubetrieben spielte hierbei die Identifizierungsnummer der Materialien und Produkte eine besondere Rolle. Unter den verschiedensten Bezeichnungen, wie Sachnummern, Teilenummern, Baugruppennummern, Erzeugnisnummern, Standardteilenummern, Materialnummern, Zeichnungsnummern u. a. wurden Benummerungssysteme bzw. auch Teile von Benummerungssystemen in vielfältiger Form angewendet. Die Gliederung erfolgte nach recht unterschiedlichen Gesichtspunkten, wobei es nicht selten zu einer starken Verschmelzung von Klassifizierung und Identifizierung kam. Auf Grund der verstärkten Einführung der EDV ist es notwendig, die bis jetzt gewonnenen Erkenntnisse zu erläutern, um zu verhindern, daß die vor allem durch die Lochkartentechnik publizierten systemvollen Benummerungssysteme kritiklos übernommen werden.

2. Definition und Abgrenzungen der Sachnummern

In einem Maschinenbaubetrieb gibt es eine Vielzahl von Gegenstandsgruppen wie

- Rohmaterialien
- Werkzeuge
- Vorrichtungen
- Halbzeuge
- Einzelteile
- Erzeugnisse
- Baugruppen usw.,

die bisher mit den verschiedensten Nummernsystemen identifiziert und teilweise auch klassifiziert wurden. Die Systeme waren dabei in Stelligkeit und Aussage recht unterschiedlich. Die gegenseitig zwischen den genannten Begriffen im Produktionsprozeß bestehende Wechselbeziehung führt bei der Einführung einer integrierten Datenverarbeitung zu Schwierigkeiten. Sehr deutlich läßt sich diese Wechselbeziehung an einem Stufenerzeugnis erkennen.

Aus einem Rohmaterial entsteht ein Fertigungsteil. Das Fertigungsteil selbst kann wieder Material bzw. Halbzeug für ein höheres Fertigungsteil sein oder neben anderen Fertigungsteilen, Rohmaterialien oder Kaufteilen das Material für eine Baugruppe sein usw. In einer Stückliste, die nach dem Baukastenprinzip aufgebaut ist, werden unter einer Baugruppen- oder Erzeugnisnummer alle direkt eingehenden Gegenstände geführt, d. h. Rohmaterialien, Halbzeuge, Einzelteile oder Baugruppen stehen gleichberechtigt nebeneinander.

Jedes Produkt kann zum Material einer höheren Fertigungsstufe werden.

Ein anderes Beispiel ist die Anfertigung von Werkzeugen und Vorrichtungen im eigenen Betrieb. Auch hier setzt eine integrierte Datenverarbeitung voraus, daß diese Produkte mit den gleichen Unterlagen und Belegen gefertigt werden wie die Hauptproduktion des Betriebes.

Schon aus den wenigen hier aufgeführten Beispielen läßt sich leicht erkennen, daß eine gleiche Stelligkeit und Interpunktion für die verschiedensten Bezeichnungen die Voraussetzung für eine leichtere Bearbeitung ist. Viel bedeutender ist aber, daß alle Gegenstandsgruppen mit einem Nummernkreis erfaßt werden müssen. Diese Bedingung ist notwendig, um jeden dieser Gegenstände nur durch eine und nur eine Nummer zu identifizieren. In den weiteren Ausführungen wird dieser Nummernkreis mit dem Begriff Sachnummer bezeichnet. Die Sachnummern dienen zur Identifizierung aller im Betriebsablauf vorkommenden Gegenstände, das beginnt bei den Roh- und Hilfsmaterialien, geht über Zwischen- und Hilfsprodukte bis zu den Enderzeugnissen. Diese Forderung nach einem einheitlichen Nummernkreis gilt für eine integrierte Organisation unter den Bedingungen der Lochkarte genau wie unter den Bedingungen der EDV.

3. Aufbau der Sachnummer

Wie im vorhergehenden Abschnitt festgestellt wurde, dient die Sachnummer in erster Linie zur Identifizierung der Gegenstände. Daraus ergibt sich sofort die Grundfrage nach dem Aufbau der Sachnummer, d. h. ob unter diesen Gesichtspunkten eine systemvolle Benummerung noch sinnvoll ist oder ob auf jede Verschlüsselung verzichtet werden kann. Die Beantwortung dieser Frage ist abhängig von der Anzahl der zu benummernden Gegenstände, von der Menge der Klassifizierungsaussagen je Gegenstand und von dem Grad der Automatisierung der Organisation.

3.1. Die systemvolle Sachnummer

Der größte Teil der in der Einleitung genannten Nummern sind in unseren Betrieben systemvoll aufgebaut. Die verschiedensten Möglichkeiten zur Gestaltung bzw. Gliederung einer systemvollen Nummer sollen hier nicht noch einmal erläutert werden. Sie dürften aus der bei uns vorhandenen Literatur genügend bekannt sein.

Sehr verbreitet ist unter den systemvollen Sachnummern die ergebnisabhängige Benummerung. Bei dieser Benummerung wird der Aufbau des Erzeugnisses, den die Stückliste darstellen soll, zusätzlich in der Nummer verschlüsselt. Dieses System ist leider durch die Wiederholteile über verschiedene Erzeugnisse hinweg nicht eindeutig. Materialien bzw. Neben- und Hilfsprodukte, die nicht unmittelbar in das Erzeugnis

eingehen, wurden dabei nach anderen Abhängigkeiten und Systemen verschlüsselt. Eine andere Möglichkeit der Verschlüsselung ist die Gliederung der Sachnummern nach konstruktiven und technologischen Gesichtspunkten. Auch hier gab es die verschiedensten Vorstellungen über Umfang und Inhalt der Klassifizierungsaussagen. Diese Verschlüsselung ist bisher wenig verbreitet und wird auch in Zukunft nur in speziellen Fällen Anwendung finden.

Eine systemvolle Sachnummer dient also nicht nur zur Identifizierung, sondern beinhaltet gleichzeitig auch Klassifizierungsaussagen. Dadurch ergeben sich gegenüber einer systemlosen Benummerung folgende Nachteile:

1. Es ergibt sich eine große Stellenzahl, da zwischen den einzelnen Klassifizierungsmerkmalen in der Benummerungsfolge entsprechend der eingeschätzten Entwicklung Reserven gelassen werden müssen.
2. Die notwendige größere Stellenzahl einer systemvollen Sachnummer erhöht nicht nur den Verarbeitungsaufwand, sondern vergrößert gleichzeitig auch die Fehlergefahr.
3. Es ist nicht möglich, die unter 1. genannten Reserven immer richtig einzuschätzen, so daß das System zusammenbrechen muß, wenn die Reserven zu klein sind.
4. Die Sachnummer ist änderungsabhängig. Es wird sich nicht vermeiden lassen, daß die Anforderungen an die Aussagen im Laufe der Zeit variieren und damit andere Klassifizierungsmerkmale aufgenommen werden müssen.
5. Um neben der Klassifizierung auch eine eindeutige Identifizierung zu erreichen, ist es erforderlich, für jede Klassifizierung

ermöglicht noch eine laufende Nummer aller Gegenstände gleicher Klassifizierung zu führen. Die dadurch notwendige kontrollierte Nummernvergabe erfordert so viel Vergabelisten, wie es Klassifizierungsmöglichkeiten gibt. Dieser Nachteil wird besonders deutlich bei einer konstruktiv technologischen Verschlüsselung.

6. Bei einer ergebnisabhängigen Benummerung wird durch die Wiederholteile die einzige Aussage zerstört. Die Zugehörigkeit zu einem Erzeugnis ist nicht mehr erkennbar und die Nummer dient nur noch zur Identifizierung.

7. Eine dezentrale Nummernvergabe ist bei einer konstruktiv technologischen Verschlüsselung auf Grund der Vielzahl der oben genannten Strichlisten fast unmöglich.

8. Mit dem Umfang der Klassifizierungsaussagen in einer Sachnummer wächst auch die Wahrscheinlichkeit, daß die Informationen nicht mehr aus der Nummer erkennbar sind, sondern erst aus Nachschlagewerken zusammengetragen werden müssen.

Fest steht aber auch, daß die systemvolle Benummerung unter den Bedingungen eines manuellen und auch lochkartentechnischen Organisationsablaufes durch ihren Informationsgehalt an bestimmten Stellen gewisse Vorteile hatte. Zum Beispiel war ein leichteres Sortieren nach den verschlüsselten Begriffen möglich.

In Betrieben der Massenfertigung mit wenigen verschiedenen und sehr einfachen Produkten, z. B. Normteilen, wird auch in Zukunft eine Kombination von Identifizierung und Klassifizierung zweckmäßig sein. In einer kurzen Nummer können

Was bedeutet eigentlich . . .

Datenerfassung	Blatt 13
	9/1967

Voraussetzung jeder wirkungsvollen Datenverarbeitung; die zentrale oder dezentrale Umwandlung von Daten oder anderen Informationen in eine maschinell lesbare und auswertbare Form. Für die Datenerfassung ist eine umfangreiche Palette an Datenerfassungsgeräten entwickelt worden, die zum Teil durch Zusatzbaugruppen (Locher, Magnetband-Beschrifter usw.) aus konventionellen Büromaschinen entstanden sind. Der Katalog der Datenerfassungsgeräte reicht von einfachen Lochern (z. B. Magnetlochern für Lochkarten) über Additionsmaschinen, Registrierkassen, Buchungsmaschinen, Schreibmaschinen und Fernschreibmaschinen mit Datenträger-Ausgabe bis zu Spezialtastaturen und automatischen Erfassungsanlagen, wie sie für die Fertigungs- und Prozeßsteuerung eingesetzt werden.

● Das Ergebnis der Datenerfassung sind Datenträger oder elektrische Impulsfolgen. Die in Impulsfolgen

umgewandelten Daten können der Verarbeitungseinheit, z. B. der EDVA, im Augenblick ihrer Erfassung zugeleitet werden, bei dezentraler Erfassung unter Verwendung einer Übertragungseinheit. In diesem Fall besteht eine direkte gerätetechnische Kopplung zwischen Erfassungsgerät und Verarbeitungseinheit. Werden dagegen die erfaßten Daten zunächst auf einem Datenträger zwischengespeichert und wird dieser der Verarbeitungseinheit erst zu einem späteren Zeitpunkt zugeleitet, so ist eine direkte gerätetechnische Kopplung zwischen Erfassungsgerät und Verarbeitungseinheit nicht vorhanden. Der erforderliche Datentransport zwischen Erfassungs- und Verarbeitungsort kann entweder durch körperlichen Transport der Datenträger oder durch Datenfernübertragung erfolgen. Gegenwärtig ist der Anteil der über direkte gerätetechnische Kopplung erfaßten Daten, gemessen an der Gesamtmenge der zu erfassenden Daten, noch gering; die Erfassung erfolgt überwiegend noch durch die Herstellung von Datenträgern. ● Als Datenträger sind dabei solche Medien anzusehen, auf denen Daten zum Zwecke der Verarbeitung in einer durch maschinelle Hilfsmittel lesbaren und auswertbaren Form aufgezeichnet sind.

beide Aussagen untergebracht werden. Die Anzahl der zu klassifizierenden Gegenstände muß dabei so klein sein, daß ohne Nachschlagewerk die notwendigen Informationen vollständig erkannt werden. Dieser hier genannte Sonderfall, daß eine systemvolle Sachnummer vorteilhaft angewandt werden kann, tritt aber nur sehr selten ein. Er setzt voraus, daß die Anzahl der zu verschlüsselnden Gegenstände gering ist und die Menge der Klassifizierungsaussagen klein ist. Begünstigt wird so eine Nummer noch, wenn der Grad der Automatisierung der Organisation des Betriebes gering ist.

3.2. Die systemlose Sachnummer

In Betrieben mit einem umfangreichen Produktionsprogramm bzw. in Betrieben, deren Erzeugnisse aus vielen Positionen bestehen, ist die systemlos aufgebaute Sachnummer, d. h. eine reine Zählnummer, am zweckmäßigsten. Dieser Fall trifft auf den größten Teil der Maschinenbaubetriebe zu. Der Vorteil solch einer Benummerung wirkt sich mit steigender Automatisierung des Produktionsablaufes besonders aus.

Bei einer Vielzahl von Klassifizierungsmöglichkeiten ist auch das Auswerten systemvoller Nummern nur mit Nachschlagewerken möglich. Die notwendige Aussage zum Gegenstand muß durch das Aufsuchen jedes Klassifizierungsmerkmals zusammengestellt werden. Wenn also schon zu einem Nachschlagewerk gegriffen werden muß, kann dann auch in einem Katalog oder im Speicher eines Rechners unter einer systemlosen Nummer eine viel umfangreichere Aussage aufgesucht werden. Bei einer systemlos aufgebauten Sachnummer soll

also nicht auf die Klassifizierungsaussage verzichtet werden, sondern es erfolgt nur eine Trennung zwischen Identifizierung und Klassifizierung. Zur Durchführung bestimmter Aufgaben brauchen nur die jeweils notwendigen Klassifizierungsaussagen zugeordnet werden. Entsprechend der Nachteile der systemvollen Nummer ergeben sich folgende Vorteile für die systemlose Benummerung:

1. Geringstmögliche Stellenzahl
2. Auf Grund der geringen Stellenzahl eine bedeutend geringere Fehlergefahr
3. Die systemlose Nummer ist unbegrenzt gültig. Sollte der reservierte Nummernbereich wirklich einmal überschritten werden, so kann durch eine Erweiterung um eine Stelle der Nummernbereich verzehnfacht werden.
4. Die Nummern sind änderungsunabhängig.
5. Eine dezentrale Nummernvergabe ist leicht möglich
6. Die Zuordnung beliebig vieler Klassifizierungsmerkmale sowie deren Änderung ist möglich, ohne daß die Identifizierungsnummer beeinflusst wird.

Die Vorteile der systemlosen Nummer wurden in den herkömmlichen Organisationsformen bei der Personalnummer bereits angewendet. Wenn jemand eine nähere Auskunft über einen Betriebsangehörigen X benötigt, so konnte er diese in der Stammkarte unter der Personalnummer finden. Es war nicht üblich, z. B. Alter, Beruf oder andere Aussagen in der Nummer zu verschlüsseln. Zusammenfassend kann also gesagt werden:

richtig eingegeben worden sind, höchstens ein Zeichen als unerkannt falsch auf dem Datenträger erscheinen darf. Zur maschinentechnischen Datensicherung gehören die Zuverlässigkeit der betreffenden Baugruppen, die Paritätskontrolle bei Lochstreifen- und Magnetbandausgabe, der Vergleich der eingegebenen und der gelochten Zeichen und die Anzeige des Fehlers oder die Tastenblockierung. Die maschinentechnische Datensicherung ist im allgemeinen völlig ausreichend, um so mehr, als die Fehlerquote durch falsch eingegebene Werte beträchtlich größer ist. Die Verringerung dieser Fehlerquote ist Aufgabe der organisatorischen Datensicherung. Zur organisatorischen Datensicherung gehören das zweimalige Eintasten, z. B. Prüflöcher von Lochkarten, die Sichtkontrolle eines mitgeschriebenen Beleges, die Anwendung des Prüffizernverfahrens bei Ordnungsdaten und die Bildung von Kontroll- und Abstimmsummen bei Auswertungsdaten. ● Datensicherung bei der Erfassung ist ein notwendiges und kostspieliges Übel. Art und Umfang müssen daher von Fall zu Fall unter dem Gesichtspunkt festgelegt werden: Nicht so sicher wie möglich, sondern so sicher wie nötig!

Beispiele dafür sind

Lochkarte, Lochstreifen, Magnetband, Magnetschriftbeleg, Klarschriftbeleg.

Die Wahl des zweckmäßigen Datenträgers und damit auch die Erfassungsorganisation ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die wichtigsten sind die Ist- und Soll-Organisation der Datenverarbeitung des Betriebes, der Institution; die Menge, Art und der Inhalt der anfallenden Belege; die Menge der zu verarbeitenden Daten; die Art der zu verarbeitenden Daten, insbesondere das Verhältnis von Variablen zu konstanten Daten, und die Art der Erfassungsstellen. ● Besondere Beachtung verdient bei der Erfassung die Datensicherung. Die allgemein bekannte Tatsache, daß das Ergebnis einer Berechnung nie genauer sein kann als die verwendeten Anfangswerte, läßt sich in vollem Umfang auf Datenerfassung (Gewinnung der Eingangswerte) und -verarbeitung (Berechnung) übertragen. Bei der Datensicherung ist zwischen maschinentechnischen und organisatorischen Maßnahmen zu unterscheiden. Maschinentechnisch wird heute allgemein eine Zuverlässigkeit von 10^6 gefordert und von den Herstellern garantiert. Das heißt, daß von einer Mill. Zeichen, die über ein Datenerfassungsgerät

Eine systemlos aufgebaute Sachnummer ist zweckmäßig anzuwenden, wenn eine Vielzahl von Gegenständen zu benummern sind und wenn die Menge der Klassifizierungsaussagen je Gegenstand groß ist. Begünstigt wird die Anwendung durch einen möglichst hohen Grad der Automatisierung der Organisation.

4. Schlußbemerkungen

Mit der Verbesserung und Umgestaltung der vorhandenen Organisationsformen müssen im allgemeinen auch die Benummerungssysteme überarbeitet werden. Es ist daher notwendig, die stark verbreitete Voreingenommenheit gegen eine systemlose Nummer zu beseitigen und die Vorteile dieser Benummerung darzustellen.

Im gleichen Zusammenhang muß aber auch einschränkend darauf hingewiesen werden, daß das Umstellen vorhandener Sachnummern in den meisten Betrieben sehr, wenn nicht gar zu aufwendig ist. Wenn die Voraussetzungen für ein integriertes Arbeiten gegeben sind (siehe Abschnitt 2.) und die Stelligkeit nicht zu hoch ist, dann kann das vorhandene System auch bei der Einführung der EDV übernommen werden. In der Praxis gibt es einige Beispiele, in denen die vorhandenen ergebnisabhängigen Sachnummern beibehalten wurden. Die Organisation wird dabei so aufgebaut, daß der Inhalt der Sachnummer vom Rechner nicht berücksichtigt wird, d. h. die Nummern werden wie systemlos behandelt und nur zur Identifizierung benutzt. Die Erzeugniszugehörigkeit wird nicht aus der Nummer, sondern aus der Stückliste

abgeleitet. Allerdings verbleibt dabei der Nachteil der größeren Stelligkeit.

Bei der Anwendung solcher Nummern auf kleineren Rechenanlagen kann es für die Stücklistenorganisation von Vorteil sein, wenn Einzelteile oder Stufenerzeugnisse aus der Sachnummer erkennbar sind. Die Aussage kann natürlich auch mit einem verhältnismäßig großen Rechenaufwand maschinell ermittelt werden.

In Abhängigkeit von der Stelligkeit der Nummern, von der Bedeutung der benummerten Begriffe sowie ihrer Erfassungstechnik kann es individuell erforderlich sein, eine Prüffizern der Identifizierungsnummer anzuhängen.

Literaturverzeichnis

1. Wolfgang Nimz, idv: Aufbau von Nummernsystemen im Rahmen der Einsatzvorbereitung von EDVA. Rechentechnik/Datenverarbeitung 4. Jahrgang (1967) Heft 4, S. 12—18
2. Peter Schlaffner, Sindelfingen: Systemfreie Benummerung. DIN-Mitteilungen Bd. 42 (1963), Heft 12, S. 601—609
3. Peter Schlaffner, Sindelfingen: Anpassungsfähige Nummerungstechnik durch nichtsprechende Sach- und Teilenummern. IBM-Fachbibliothek, Form 78123
4. Ulrich Berr, TH Braunschweig: Beitrag zum Einsatz mathematischer Modelle und Elektronenrechner zur auftragsgebundenen Fertigungssteuerung in der Metallindustrie. Dissertation TH Braunschweig

Was bedeutet eigentlich ...

Lochstreifen	Blatt 14
Lochkarte	9/1967

Lochstreifen

Ein nicht sortierfähiger Sequenzdatenträger. Lochstreifen werden aus leicht pergamentiertem Papier oder aus Kunststoff mit folgenden Abmessungen hergestellt:

Streifenlänge 300 bis 340 m, Streifenbreite 17,4 mm, 22,2 mm oder 25,4 mm je nach Anzahl der Informationsspuren (Kanäle), Papierstärke 0,07 bis 0,09 mm.

Es sind Lochstreifen mit 5, 6, 7 und 8 Kanälen üblich. Die weiteste Verbreitung haben 5- und 8-Kanal-Lochstreifen gefunden. Jedes Zeichen wird auf dem Lochstreifen durch nebeneinanderliegende Lochungen in bestimmten Kanälen dargestellt. Im Gegensatz zur Lochkarte werden beim Lochstreifen jedoch meistens alle möglichen Loch-Kombinationen zur Zeichendarstellung ausgenutzt. Der jeweilige Zeichenvorrat ist somit durch die Kanalanzahl begrenzt. Es sind jeweils maximal 2^n Zeichen darstellbar, wobei n die Kanalzahl ist. Auf einen 5-Kanal-Lochstreifen lassen sich also $2^5 = 32$ unterschiedliche Zeichen unterbringen.

Eine Erweiterung des Zeichenvorrates ist durch Festlegen von Umschaltzeichen möglich, die den Lochkombinationen, bei denen sie stehen, eine von der ursprünglichen abweichende Bedeutung zuordnen. Im Gegensatz zu der durch ihre feste Spaltenzahl begrenzten Lochkarte können die Daten auf dem Lochstreifen in ununterbrochener Folge auf der gesamten Streifenlänge aufgezeichnet werden. ● Die Datenerfassung auf Lochstreifen erfolgt vorwiegend synchron zur Ausschreibung eines Beleges durch Kopplung eines Lochstreifenlochers mit einer Tastaturmaschine (Schreib-, Fakturier-, Rechen-, Buchungsmaschine u. a.). Der ausgeschriebene Beleg ermöglicht eine visuelle Kontrolle der erfaßten Daten. ● Die Vorteile des Lochstreifens gegenüber den Einzeldatenträgern bestehen darin, daß eine praktisch unbegrenzte Länge von Zeichenfolgen möglich ist, daß er geringes Gewicht besitzt und platzsparend gelagert werden kann, daß er im Vergleich zu Lochkarten billiger ist und größere Toleranzen hinsichtlich Temperatur und Luftfeuchtigkeit besitzt. ● Seine Nachteile sind, daß er extern nicht sortierfähig und nicht als Beleg verwendbar ist. ● Der Einsatz des Lochstreifens ist überall dort zweckmäßig, wo er nicht gleichzeitig sortierfähiges Organisationsmittel zu sein braucht. Er eignet sich besonders gut für die Erfassung umfangreicher Mengen variabler Daten, vor allem dort, wo visuell lesbare Belege, deren Daten zu erfassen sind, mit Tastaturmaschinen beschriftet werden müssen. Auch für die Datenfernübertragung wird vorwiegend der Lochstreifen als Ein- und Ausgabedatenträger verwendet; nicht

Bibliographische Notizen

Lochkartentechnik

K. D. Klöppel und K. Panther: *Das 80-spaltige Lochkartenverfahren — Locher, Prüfer und Sortiermaschine, herausgegeben vom Deutschen Institut für Berufsbildung, VEB Verlag Technik Berlin, 1967, 176 Seiten, 6,— MDN*

Dieses programmierte Lehrmaterial dient zur Ausbildung von Locherinnen, Prüferinnen und Sortiererinnen. Es kann bei der Qualifizierung der Werk tätigen und bei der Ausbildung von Lehrlingen erfolgreich eingesetzt werden. Das Lehrmaterial ermöglicht eine optimale Gestaltung des Lernprozesses, indem die Prinzipien der Steuerung und Regelung, insbesondere das der Rückkopplung, zur Lenkung des Erwerbs der erforderlichen Kenntnisse sowie intellektueller und praktischer Fähigkeiten und Fertigkeiten angewendet werden. Der gesamte Aus-

bildungsinhalt ist in kleine, relativ selbständige Programmeinheiten aufgegliedert. Die Programmeinheiten sind entsprechend dem Algorithmus der zu erwerbenden Tätigkeiten angeordnet, wobei erzieherische, didaktische und technologische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Dabei wurden die Gestaltungsprinzipien für gemischt programmierte Lehrmaterialien zugrunde gelegt. Die in jeder Programmeinheit zu erreichenden Ergebnisse sind festgelegt und regelmäßige Kontrollaufgaben überprüfen, ob sie erreicht wurden. So wird bei jedem „Lernschritt“ über die Lernergebnisse informiert. Von den Ergebnissen nach dem „Abarbeiten“ einer Programmeinheit hängt das weitere Vorgehen im Lehrmaterial ab. So können mit Hilfe dieses programmierten Lehrmaterials die Auszubildenden weitgehend selbständig

lernen. Der Lernprozeß paßt sich weitgehend den individuellen Besonderheiten, insbesondere dem persönlichen Lerntempo an.

Der Inhalt ist in folgende drei Teile aufgliedert, die aufeinander aufbauen:

Teil I — Der Locher

Teil II — Der Prüfer

Teil III — Die Sortiermaschine

Im Teil I (Locher) erfolgt die Kontrolle der Übungsergebnisse anhand vorgedruckter Vergleichskarten. Der Lernende legt die von ihm gelochte Karte auf den Vordruck. Falsche Lochungen erscheinen schwarz, alles andere weiß. Der Teil enthält einen Zwischen- und einen Abschlußtest, mit dem die Lernenden die erreichten Fertigkeiten im Locher selbständig überprüfen. Am

zu vergessen den Einsatz des Lochstreifens in der Fernschreibtechnik, die für die Datenerfassung und -übertragung verwendet wird. ● In der Perspektive wird der Lochstreifen als Datenträger zugunsten des Magnetbandes mehr und mehr an Bedeutung verlieren. Wie schnell diese Entwicklung vor sich geht, wird wesentlich von der Preisentwicklung und Funktionssicherheit der Magnetband-Aufzeichnungsgeräte abhängen.

Lochkarte

Ein sortierfähiger Einzeldatenträger, der gleichzeitig Belegfunktionen besitzen kann. Lochkarten werden aus einem elektrisch nicht leitenden Spezialkarton mit folgenden *A b m e s s u n g e n* hergestellt: ● Kartenlänge 187,3 mm, Kartenbreite 82,5 mm, Kartenstärke 0,17 mm. Jede Karte ist in 12 Lochzeilen, jeweils über die gesamte Kartenlänge, und in 80 Lochspalten, jeweils über die gesamte Kartenbreite, eingeteilt. Von einigen Betrieben werden 90-spaltige Lochkarten verwendet, die jedoch in der DDR relativ wenig verbreitet sind. Auf einer 80-spaltigen Lochkarte sind Zeichenfolgen mit einer maximalen Länge von 80 Zeichen darstellbar. Jedes Zeichen benötigt also eine Lochspalte und wird in dieser durch eine Lochung in einer bestimmten Zeile oder durch eine Kombination von Löchern in mehrere Zeilen dargestellt. ● Die Gewinnung des Datenträgers Lochkarte ist möglich

1. durch unmittelbare manuelle Eingabe der Daten mit Hilfe der Tastatur eines Kartenlochers (die Daten-

sicherung muß in diesem Fall durch den zusätzlichen Arbeitsgang „Prüflochen“ erfolgen), ● 2. durch Kopplung eines Kartenlochers mit einer Tastaturmaschine, z. B. einer Schreib- oder Buchungsmaschine, wobei die Lochkarte synchron zur Ausschreibung eines Beleges erzeugt wird (der ausgeschriebene Beleg ermöglicht eine visuelle Kontrolle der erfaßten Daten), ● 3. durch Umsetzung eines in einem vorgelagerten Arbeitsgang hergestellten maschinell lesbaren Datenträgers, z. B. eines Lochstreifens, mit Hilfe eines dazu geeigneten Gerätes. Am Umfang der erzeugten Lochkarten gemessen wird vorwiegend die erste Möglichkeit angewendet. ● Die Lochkarte ist als Datenträger noch weit verbreitet. Ihre Vorteile gegenüber den Sequenzdatenträgern sind ihre Sortierfähigkeit und die mögliche Übernahme von Belegfunktionen. Die Nachteile der Lochkarte bestehen darin, daß sie relativ schwer ist und viel Platz zur Lagerung erfordert, daß sie relativ teuer ist und nur geringe Stellenzahl besitzt. ● Der Einsatz der Lochkarte ist überall dort zweckmäßig, wo der Datenträger gleichzeitig sortierfähiges direkt lesbares Organisationsmittel, z. B. Karteikarte, sein soll oder wo bereichs umfangreiche und weiterhin gültige Lochkartenstammkartenteile vorhanden sind. ● In der Perspektive wird die Lochkarte als Datenträger zugunsten maschinell lesbarer Klarschriftbelege mehr und mehr an Bedeutung verlieren. Wie schnell diese Entwicklung vor sich geht, wird wesentlich von der Preisentwicklung und Funktionssicherheit der Geräte für die automatische Schriftzeichenerkennung abhängen.

Schluß des Teiles werden die wichtigsten Sonderformen von Lochkarten erläutert (Volleckenkarte, Vordruckkarte usw.). Die Abarbeitungszeit für diesen Teil beträgt etwa zwei Arbeitstage.

Im Teil II wird ein Algorithmus zur Fehlersuche gelehrt. Der Teil ist so aufgebaut, daß selbständig die sieben Fehlermöglichkeiten und deren Ursachen zu erkennen sind. Die Abarbeitungszeit beträgt etwa 1 Stunde.

Im Teil III ist mit Hilfe einer ausklappbaren Sortieranweisung (Arbeitsanweisung für Sortiermaschinen, Bestell-Nr. 770/6916 VLV Freiberg Ag 307/62/DDR) eine Übungssortierung nach mehreren

Spalten auszuführen. Die Sortierung ist so aufgebaut, daß bei der Sortierung jeder neu eingestellten Spalte neue Handgriffe hinzukommen. (So sind z. B. beim ersten Sortiergang alle belegten Fächer nur teilweise gefüllt, beim zweiten Sortiergang aber wird ein Fach vollständig gefüllt). Hat der Lernende bei der Sortierung einen Fehler gemacht, so kann er aus den belegten Fächern der Sortiermaschine anhand der Angaben im programmierten Lehrmaterial bestimmen, welchen Fehler er begangen hat. Das Gesamtarbeitsergebnis wird dann zusätzlich mit einer Tabelliermaschine überprüft. Am Schluß dieses Teiles be-

finden sich Hinweise für die Beseitigung von Störungen an der Sortiermaschine. Die Zeit für diesen Teil beträgt etwa zwei Stunden.

Bei Versuchen vor der Drucklegung ergab sich, daß bei Lehrlingen oder Werk tätigen, die mit diesem Lehrmaterial ausgebildet wurden, eine höhere Qualität in den Ergebnissen erreicht wurde als bei denen, die in herkömmlicher Weise ausgebildet wurden. Außerdem waren wesentliche kürzere Ausbildungszeiten erforderlich. Damit ist das Lehrmaterial zur Intensivierung des Unterrichts ausgezeichnet geeignet.

Oberstudienrat Kurt Heinze

Mathematische Verfahren

Peter Stahlknecht: *Operations Research. Ein Leitfaden für Praktiker, Teil I, Beiheft 6 der Zeitschrift „elektronische datenverarbeitung“, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1966, 52 Seiten, 8 Abb., Preis 12,— MDN (West)*

Zum Thema Operations Research (OR) sind die verschiedensten Werke erschienen, die jedes für sich ihre Vor- und Nachteile bieten. Bei diesem Beiheft — das ausschließlich Optimierungsmethoden gewidmet ist — besteht der Vorzug darin, daß Praktikern eine Einführung in die Thematik gegeben werden soll. D. h., die Broschüre kann auch von dem Leser verstanden werden, der sich mit mathematischen Methoden u. ä. wenig oder gar nicht beschäftigt hat.

Nach einer knappen Einleitung, die kurz die Geschichte des OR streift und die auf Aufgaben, Methoden sowie Kritiken und Schwierigkeiten hinweist, werden Input-Output-Modelle dargelegt. Ein rechen technisches Hilfsmittel, was sich zur Planung, Kostenrechnung und anderen betrieblichen Überlegungen anbietet, stellt die Matrizenrechnung dar, bei der es sich im Grunde um das Rechnen mit Tabellen und linearen Gleichungen handelt. Die Schrift nennt kurz die Vorzüge der Matrizenrechnung und zeigt verschiedene vereinfachte Anwendungsbeispiele dazu. Die Beispiele sind den Bereichen Kalkulation, Kostenrechnung und Planung entnommen.

Im Abschnitt lineare Optimierung — als bekanntes Verfahren des OR — werden die Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens an typischen Fragestellungen erläutert. Das wichtigste Lösungsverfahren

dazu, die Simplex-Methode, wird erklärt, wobei auch auf die Grenzen dieses Verfahrens hingewiesen wird. Einmal besteht die Schwierigkeit, überhaupt erst einmal ein mathematisches Modell aufzustellen, zum anderen hat häufig die mathematische optimale Lösung zunächst nur theoretischen Wert. Beispiele über Mischungsprobleme (Futtermischung, Gasmischung, Möllerrechnung u. a.) zeigen die Anwendbarkeit des Verfahrens.

Relativ kurz werden in dem Abschnitt nichtlineare Optimierung die nichtlinearen Zielfunktionen und nichtlineare Restriktionen behandelt. Da in diesem Falle unter der die Zielfunktion oder eine bzw. mehrere Nebenbedingungen oder sogar die Zielfunktion und die Nebenbedingungen nicht linear sind, bereitet die mathematische Behandlung dieser Probleme Schwierigkeiten. Als Beispiel und Illustration dazu werden zwei sich vereinigende Gasleitungen herangezogen, deren Durchflusssmengen nicht genau bekannt sind. Der letzte Abschnitt ist der dynamischen Optimierung gewidmet, also der Optimierung von Prozessen, die sich in mehrere Stufen zerlegen lassen. Da sich nach Auffassung des Autors eine exakte und kurze Definition der dynamischen Optimierung verbietet, wird das Problem mit Hilfe von Beispielen und Fallstudien vermittelt (z. B. Optimales Verhältnis von Produktionshöhe und Lagerbestand oder die Aufteilung des Bleches für einen Behälter). Abschließend wird noch auf stochastische Probleme hingewiesen; Prozesse, bei denen sich die Ergebnisse der Entscheidungen nur statistisch erfassen lassen, wie sie beispielsweise bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten auftreten. Dem Anliegen der Broschüre entspre-

chend begnügt sich hier der Autor nur mit einer kurzen Skizzierung des Problems. Dem Interessierten wird ein umfangreiches Literaturangebot nachgewiesen, welches jeden Abschnitt abschließt. Diese Form ist begrüßenswert, denn auf 52 Seiten kann nur ein Überblick vermittelt werden, dem sich bei entsprechendem Interesse eine Vertiefung des Stoffes anschließen kann. Neben diesem Vorzug ist auch ansprechend, daß der Verfasser besonderen Wert auf die Aufstellung von Rechenmodellen legt und daß die Rechenverfahren mit Hilfe allgemein verständlicher und praxisbezogener Beispiele beschrieben werden.

Technik im Büro

Als ein dreibändiges Standardwerk für die Rationalisierung der Verwaltungsarbeit hat das Institut für Verwaltungsorganisation und Bürotechnik Leipzig eine neue Ausgabe von „Technik im Büro“ herausgegeben. Auf 641 Seiten verzeichnet diese gut gegliederte Lose-Blatt-Sammlung alle in der DDR verfügbaren Arbeitsmittel zur Rationalisierung der Verwaltungsarbeit, gibt Auskunft über Gebrauchseigenschaften, Anwendungsmöglichkeiten und Bezugsquellen. Regelmäßige Ergänzungslieferungen halten das Werk auf dem jeweils neuesten Stand. „Technik im Büro“ kann vom Institut für Verwaltungsorganisation und Bürotechnik bezogen werden.

VORANKÜNDIGUNG 1968

DIETER BUSCHARDT

Blockschaltbilder zur Darstellung betriebsorganisatorischer Prozesse

Etwa 176 Seiten · 37 graf. Darst. 10 Tab.
Broschur · etwa 7,70 MDN

Die von Dieter Buschardt entwickelte und beschriebene Methode der Ausarbeitung und Anwendung von Blockschaltbildern zur Darstellung betriebsorganisatorischer Prozesse formalisiert die Prozesse der Vorbereitung, Planung, Lenkung, Durchführung, Kontrolle und Abrechnung der Produktion, zerlegt sie in ihre Bestandteile, zeigt deren gegenseitige Abhängigkeiten

und Wechselbeziehungen in übersichtlichen Formen. Damit werden diese Prozesse einer objektiv begründeten rationellen Organisation zugänglich. Da der Verfasser seine Methode konsequent und mit hoher Sachkenntnis auf der Anwendung und Ausnutzung kybernetischer Gesetzmäßigkeiten aufbaut, ist stets ein sicheres Funktionieren der nach seiner Methode modellierten und organisierten Prozeßabläufe garantiert. Die Arbeit soll den in der Wirtschaftspraxis tätigen Führungskräften und Leitern, Organisatoren und Mitarbeitern der Planungs- und Lenkungsabteilungen helfen, die Organisationsarbeit in der Wirtschaft unserer Republik auf ein höheres Niveau zu heben.



VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN