Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 86 (1968)
Heft: 38

Artikel: Rechnergestützte Programmierung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen mit EXAPT

Autor: Berger, Heinz / Budde, Wolfgang / Engelskirchen, Wilhelm-Hans / Hirsch, Bernd

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-70138

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, ZÜRICH

Rechnergestützte Programmierung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen mit EXAPT

DK 658.512:681.14:621.9

Von Dipl.-Ing. **H. Berger**, Dipl.-Ing. **W. Budde**, Dipl.-Ing. **W.-H. Engelskirchen** und Dipl.-Ing. **B. Hirsch**, Aachen

Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen (NC-Maschinen) erhalten die Befehle zur Steuerung der Werkzeugbewegungen und Maschinenfunktionen über Informationsträger, die von der Arbeitsvorbereitung erstellt werden müssen. Diese Informationsträger enthalten in bestimmter Form codiert alle Anweisungen, die die Werkzeugmaschine zur Fertigung eines Werkstückes benötigt. Als Informationsträger werden heute bei etwa 80% der NC-Maschinen 8-Kanal-Lochstreifen verwendet. Die Erstellung der Informationsträger in herkömmlicher Weise ist verbunden mit repetitiver und zeitraubender Arbeit, wie zum Beispiel das Ausrechnen von Koordinatenwerten, das Auswählen von Vorschüben, Schnittgeschwindigkeiten und Werkzeugen durch manuelle Rechenarbeit und Suchen in Tabellen und Richtwertkatalogen. Ausserdem muss der Teileprogrammierer, der ausgehend von der Zeichnung das Teileprogramm in dieser direkten Programmierweise aufstellt, über spezielle Kenntnisse der Anforderungen der Werkzeugmaschine, die meistens sehr variieren, verfügen.

Von der Idee getragen, die manuellen Arbeiten bei der Programmierung der NC-Maschinen einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage (EDVA) zu übertragen, wurden sogenannte NC-Programmiersprachen geschaffen. Bei dieser rechnergestützten Programmierung beschreibt der Teileprogrammierer den Informationsinhalt der Zeichnung sowie den Arbeitsablauf in einer problemorientierten Programmiersprache für Fertigungsaufgaben. Die EDVA liest dieses auf Lochkarten übertragene Teileprogramm und erstellt den Informationsträger (z. B. Lochstreifen) für die NC-Maschine, Bild 1. Die am weitesten verbreitete NC-Programmiersprache ist die in den USA entwickelte Sprache APT, deren Stärke vor allem in einer guten Beschreibung von geometrischen Formen zu sehen ist, während die Technologie nur unzureichend programmierbar ist.

Dieser Mangel wurde vor etwa drei Jahren in Europa erkannt; in Deutschland wurde daraufhin unter Mitarbeit von europäischen Industriefirmen und Hochschulinstituten das Programmiersystem EXAPT auf der Basis von APT entwickelt. Nach der Einführung von EXAPT in der Praxis wurde der Verein zur Förderung des EXAPT-Programmiersystems gegründet, der den Kontakt zu den Anwendern aufrecht hält, die Wartung des Systems übernimmt und die weiteren Entwicklungen koordiniert.

Mit EXAPT kann der Teileprogrammierer problemorientiert, das heisst orientiert an der Werkstattzeichnung und der Bearbeitungsaufgabe das Werkstück mit mnemotechnisch günstigen, der Umgangssprache entnommenen, formatfreien Anweisungen beschreiben. Besondere Beachtung wurden der einfachen Programmierung und der automatischen Ermittlung technologischer Werte geschenkt. Entsprechend der unterschiedlichen Anforderungen bei verschiedenen Verfahren gliedert sich das System in drei Sprachteile:

- EXAPT 1 dient zur Programmierung von Bohr- und einfachen Fräsbearbeitungen auf Maschinen mit Punkt- oder einfacher Streckensteuerung.
- EXAPT 2 wurde für die Programmierung von Dreh- und Bohrbearbeitungen auf Drehmaschinen entwickelt. Entsprechend dem erkennbaren Trend zu bahngesteuerten Drehmaschinen wurde diesem Maschinentyp die grösste Beachtung geschenkt.
- EXAPT 3 wurde entwickelt für 2½ dimensionale Fräs- und Bohrbearbeitungen, wie sie bei der Verwendung von Bohr- und Fräswerken auftreten.

Bei der Entwicklung aller Sprachteile wurden Erfassungen der Anforderungen der industriellen Fertigung durchgeführt, um eine praxisgerechte Programmierung zu ermöglichen. Neben der einfachen Programmierung geometrischer Sachverhalte, wie Teilkreise, Konturen, Lochlinien und Punktmatrizen, können die Bearbeitungsaufgaben beschrieben werden. Die EDVA übernimmt dabei die Berechnung von Kollisionskurven, die Auswahl der Arbeitsfolgen und der Werkzeuge, die Ermittlung von Vorschub, Schnittgeschwindigkeit und Spantiefe beim Drehen, die Auswahl geeigneter Kühlmittel und die Berechnung der Werkzeugwege.

Das Teileprogramm wird problemorientiert nach der Werkstattzeichnung aufgestellt und auf Lochkarten übertragen. Zur Verarbeitung werden Rechnerprogramme benötigt, die die EDVA entsprechend den Anforderungen von EXAPT steuern (Bild 2). Die Rechnerprogramme gliedern sich in ein Verarbeitungsprogramm, meist Processor genannt, das das Teileprogramm einliest, alle geometrischen und technologischen Berechnungen durchführt und auf einem externen Grossspeicher (z. B. Magnetband, Magnettrommel oder Magnetplatte) eine allgemeine Zwischenausgabe erstellt, und ein Nachverarbeitungsprogramm. Diese Zwischenausgabe dient als Eingabe in das Nachverarbeitungsprogramm,

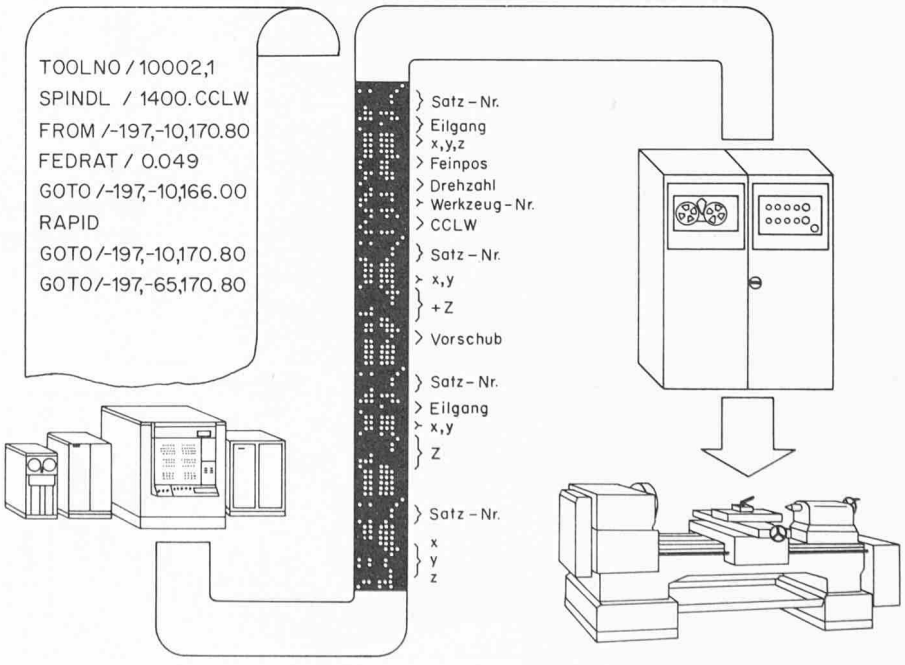


Bild 1. Rechnergestützte Programmierung von NC-Maschinen

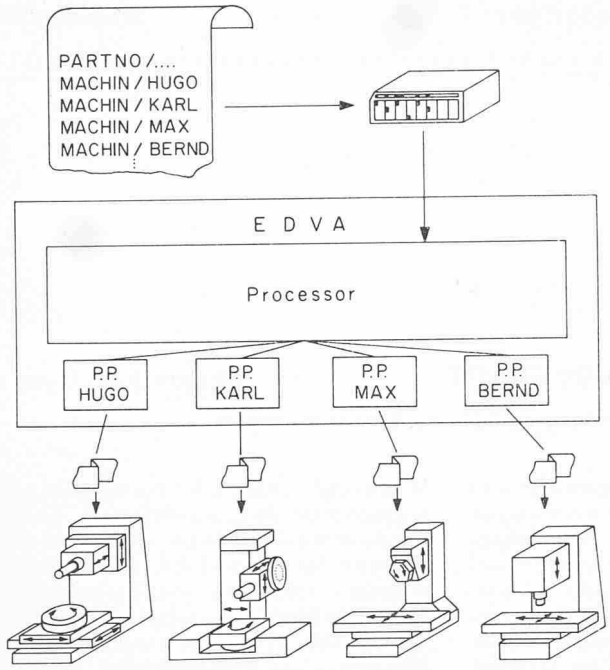


Bild 2. Verarbeitung von EXAPT-Teileprogrammen

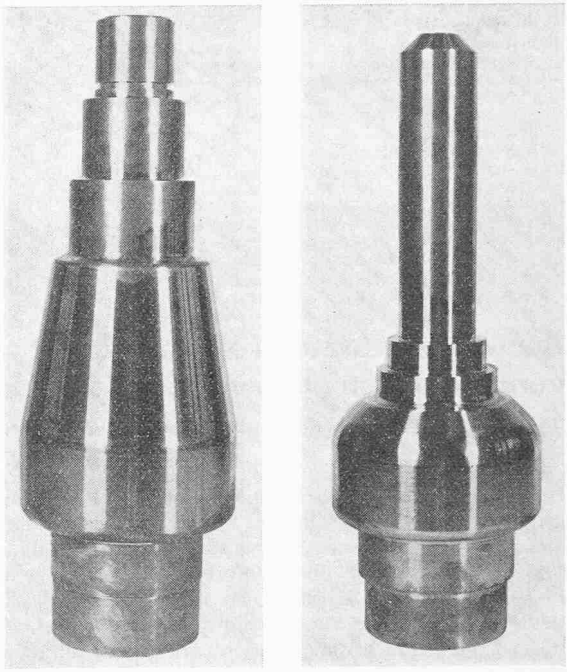


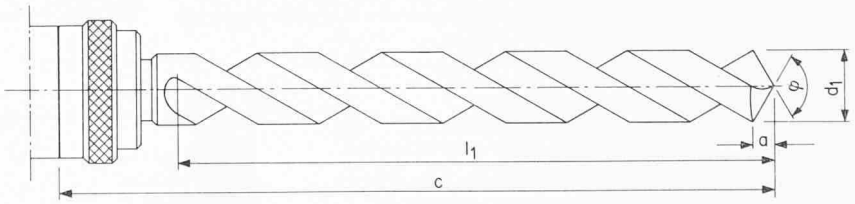
Bild 3. Mit EXAPT 2 programmierte Werkstücke

welches für jede NC-Maschine erstellt werden muss und die Anpassung an die Werkzeugmaschine übernimmt. Dieses Anpassungsprogramm, der Postprocessor, liefert den Informationsträger (Lochstreifen) für die Maschine, ein Programm-Manuskript mit Anweisungen an das Bedienungspersonal (Aufspannanweisungen, Nachmessen usw.), Werkzeuglisten mit Angaben über die Magazinbestückungen sowie Betriebsdaten für Organisation und Arbeitsvorbereitung (Bearbeitungszeiten, Anzahl der Maschinenstops, Länge des Lochstreifens usw.).

Die Entwicklung des EXAPT-Systems ist so weit fortgeschritten, dass grosse Teile bereits in der Fertigung angewendet werden. EXAPT 1 ist fertiggestellt seit über einem Jahr und es bestehen Verarbeitungsprogramme für folgende EDVA: Control Data 6400, UNIVAC 1107, IBM 360/System, Siemens 2002, Siemens 4004/System, IBM 1620, IBM 7040, Telefunken TR4, ICT 1909, English Electric KDF9. Da alle Verarbeitungsprogramme in FORTRAN IV nach den USASI-Standards geschrieben worden sind, können sie leicht auch auf anderen Rechnern, die über einen FORTRAN-IV-Übersetzer verfügen, benutzt werden. EXAPT 2 ist in seiner ersten Ausbaustufe in diesem Jahr fertiggestellt worden und es bestehen zurzeit Verarbeitungsprogramme für die EDVA CONTROL DATA 6400 und UNIVAC 1107. Für IBM 360/System, Siemens 4004/System und eine Anzahl weiterer Rechner werden sie in Kürze zur Verfügung stehen. Über 20 Hersteller von NC-Maschinen bieten Postprocessoren zum Teil für ihr gesamtes Fertigungsprogramm an.

Ein Teileprogramm setzt sich zusammen aus allgemeinen Angaben, wie eine Überschrift und die Angabe der NC-Maschine, aus geometrischen und technologischen De-

Spannmittel 01 | Werkzeug Spiralbohrer 25 DIN 345



Spannmittel

Lfd. Nr.	Stückz.	Bezeichnung	DIN-Nr.
1	1	Stellhülse	6327

Nachschleifanweisung

Lfd. Nr.	Massangabe	Bemerkung
1	l_1	prüfen

Systemnummer						Massangaben										Einsatzbed.			Ident-Nr.
Fertigungsverf.	Werkzeug-bezeichnung	Schneid-werkstoff	Werkzeugtyp	Spannmöglichkeit		c 1/100	l_1 1/100	d_1 1/100	a 1/100	φ °	Genauigkeit	h Steigung 1/100 od. Gang/"	k Kegel 1:k	l_2 1/100	d_2 1/100	Vorschubfaktor 1/10	Schnittgeschw.-faktor 1/10	Drehrichtung	Ident. Nr.
1	24	01	N	01		320,00	281,00	025,00	07,50	118	H08					10	10	0	

Bild 4. Beispiel einer Werkzeugkarteikarte EXAPT

finitionen, aus Aufrufen der zuvor definierten Sachverhalte und einer Ende-Anweisung. Programmtechnische Anweisungen wie Schleifen, bedingte und unbedingte Sprunganweisungen und Unterprogramme erleichtern die Programmierung komplizierter Werkstücke. Zur Berechnung von Werten, die im Programm benötigt werden und nicht sofort aus der Zeichnung entnommen werden können, stehen arithmetische Anweisungen und 4 Funktionen (sin, cos, arctan, Wurzelfunktion) zur Verfügung. Durch arithmetische Anweisungen lassen sich auch Massangaben variabel im Teileprogramm angeben, so dass ähnliche Teile wie sie zum Beispiel in der Teilefamilienfertigung anfallen, mit prinzipiell gleichem Teileprogramm nur durch Änderung der Massangaben am Anfang des Programms bearbeitet werden können. Bild 3 zeigt zwei Drehteile, für die das gleiche Programm mit verschiedenen Massangaben verwendet wurde.

Bei der Arbeitsvorbereitung benötigt man grundsätzlich Informationen, die bei jedem Werkstück verschieden sind und Informationen über Werkzeuge, Werkstoffe und Maschinen, die konstant sind. Im Teileprogramm werden die variablen Angaben, die der Zeichnung zu entnehmen sind, programmiert. Die konstanten Angaben stehen bei der Verwendung von EXAPT dem Rechner in Karteien auf externen Grossspeichern zur Verfügung. Für jede Maschine benötigt man daher neben dem Postprocessor drei Karteien, und zwar:

1. Werkzeugkartei
2. Werkstoffkartei
3. Maschinendatenkartei

Die Werkzeugkartei muss für alle Werkzeuge die für Auswahl und Einsatz notwendigen Angaben enthalten und ist für alle Sprachteile grundsätzlich gleich aufgebaut. Bild 4 zeigt eine Karteikarte für ein Bohrwerkzeug. Die Skizze und die Angaben im oberen Teil der Karte dienen zur manuellen Handhabung. Die Datenzeile im unteren Teil steht auf Lochkarten übertragen der EDVA zur Verfügung und enthält neben den beschreibenden Angaben (Systemnummer, Masse, Einsatzbedingungen) eine Identnummer zur eindeutigen Kennzeichnung des Werkzeuges.

Die Werkstoffkartei enthält alle für einen Werkstoff charakteristischen Angaben, die für die Auswahl von Werkzeugen und die Ermittlung der Schnittwerte benötigt werden, zum Beispiel Faktoren für die Vorschubermittlung, Schnittgeschwindigkeiten, spezifische Schnittkraft usw.

Die für die NC-Maschine charakteristischen Daten wie Leistung, Werkzeugaufnahme usw., die für die Auswahl von Werkzeugen und Ermittlung der Schnittwerte von Bedeutung sind, werden in der Maschinenkartei angegeben. Durch diese Karteien können die Verarbeitungsprogramme jederzeit an die jeweiligen Firmenerfahrungen angepasst werden. Von zentraler Stelle kann schnell, sicher und wirksam in die Fertigung eingegriffen werden, indem die Karteien gewartet, verändert und den neuesten Entwicklungen angeglichen werden.

Aus dem Bereich der Technologieermittlung in EXAPT sollen zwei Verfahren erläutert werden:

1. Die Ermittlung der Arbeitsfolge und der Werkzeuge in EXAPT 1.
2. Die Ermittlung der Schnittwerte in EXAPT 2.

Der Werkstoff und der Ausgangszustand des Werkstückes werden durch die Anweisung

PART/MATERL, w, UNMACH, ROUGH
, CORED , SMOOTH
bzw. , SEMI ,

angegeben.

Die Angabe w gibt die Nummer des Werkstoffes an, nach der er aus der Werkstoffkartei geholt werden kann, zum Beispiel w = 6 bedeutet GG-18. Die Modifikatoren UNMACH (Vollmaterial), CORED (vorgegossen), SEMI (vorbearbeitet) und ROUGH (rauhe Oberfläche), SMOOTH (ebene Oberfläche) beschreiben den Ausgangszustand der Bearbeitungsstellen (Bohrungen) und der Oberfläche des Werkstückes und können wahlweise angegeben werden. Die Bearbeitungsdefinitionen haben den Aufbau:

Symbol = Hauptwort/Modifikatorenliste

Das Hauptwort beschreibt die Bearbeitungsart der Endbearbeitung. Zugelassen sind u. a. in EXAPT 1:

CDRILL	(Zentrieren)
DRILL	(Spiralbohren)
REAM	(Reiben)
SISINK	(Spiralsenken)
SINK	(Flachsenken, Stirnsenken)
COSINK	(Spitzsenken)
TAP	(Gewindeschneiden)
BORE	(Bohrstangenbearbeitung)

Bild 5 zeigt ein Beispiel einer Arbeitsfolgenermittlung in EXAPT 1. Rechts oben stehen die im Teileprogramm anzugebenden Anweisungen zur Beschreibung des Werkstückes (PART) und einer Bearbeitungsdefinition für Gewindeschneiden (TAP). Unter dem Symbol OP2 wird diese Bearbeitung definiert mit folgenden Zusatzangaben:

DIAMET, d	≙ Angabe des Gewindenenndurchmessers (d mm)
DEPTH, t	≙ Angabe der Gewindetiefe t
TOLPO	≙ Auf Grund der Forderung nach genauer Lagetoleranz soll die Bohrung eingangs zentriert werden
BEVEL	≙ Die Gewindebohrung soll angefast werden
TAP, p	≙ Die Gewindeart wird angegeben, z. B. bedeutet p = 1 metrisches Normalgewinde
PITCH, h	≙ h gibt die Steigung an. Bei metrischen Normalgewinden kann diese Angabe entfallen.

Das Ablaufdiagramm im linken Teil des Bildes 5 zeigt die Ermittlung der Arbeitsfolge Stirnsenken, Zentrieren, Vorbohren, Kernlochbohren, Anfasen und Gewindeschneiden, nach der die Werkzeuge automatisch ausgewählt werden. Die Formeln und Tabellen, die zur Auswahl der Werkzeuge benötigt werden, sind im Processor enthalten.

Die Konstanten I_n werden der Maschinenkartei entnommen. Nach dieser Ermittlung der Arbeitsfolge wählt der Processor aus der Werkzeugkartei geeignete Werkzeuge aus, wobei die Werkzeuganzahl minimiert wird.

Die unter dem Symbol OP2 definierte Bearbeitung kann durch die Anweisung WORK/OP2 aufgerufen werden. Positionen, an denen bearbeitet werden soll, werden danach durch die GOTO/Anweisung aufgerufen. Diese Anweisung kann die Aufgabe von Einzelpunkten oder Punktmustern enthalten. Die geometrische Definition PUMU = PATERN/ARC, (CIRCLE/0,0,100),0,CLW, 6, beschreibt zum Beispiel 6 Bohrungen auf einem Teilkreis mit dem Radius 100 und den Mittelpunktskoordinaten x = 0, y = 0 der im Uhrzeigersinn (CLW ≙ clockwise) indiziert wird. Die Angabe der Anweisungen

WORK/OP2
GOTO/PUMU

würde bewirken, dass die 6 ermittelten Bearbeitungen (siehe Bild 5) an den 6 unter PUMU definierten Positionen durchgeführt würden.

Der Sprachteil EXAPT 2 enthält neben den auch in EXAPT 1 enthaltenen Beschreibungs-

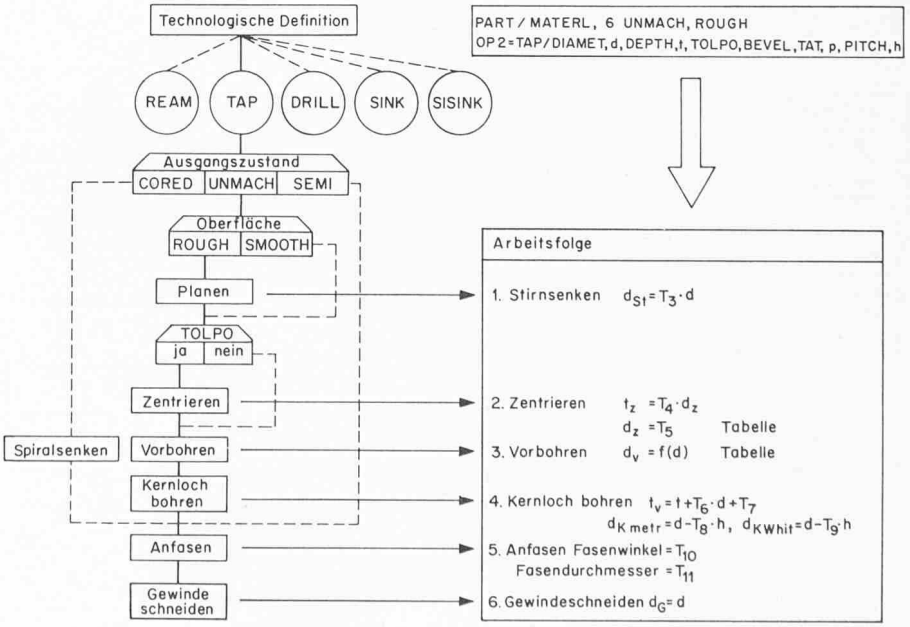


Bild 5. Ermittlung der Arbeitsfolge beim Gewindeschneiden (EXAPT 1)

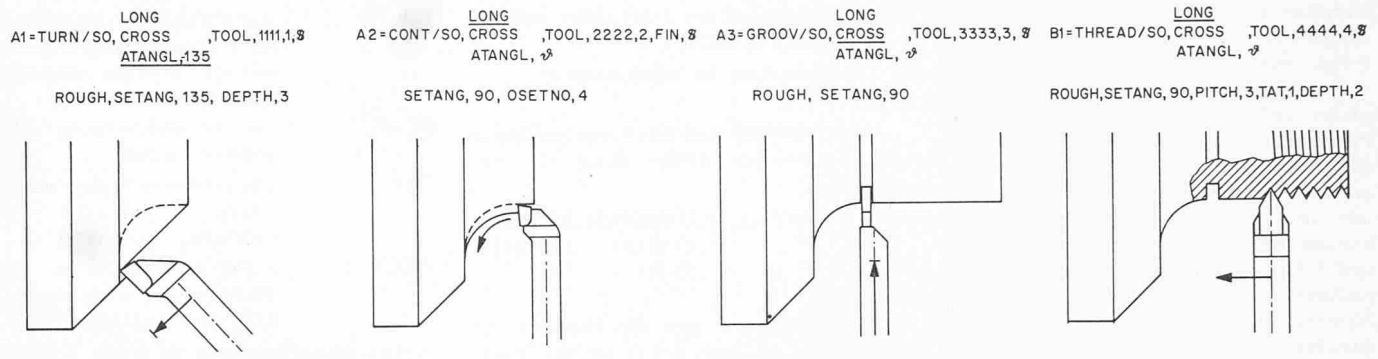


Bild 6. Drehbearbeitungsarten (EXAPT 2)

möglichkeiten für Bohrbearbeitungen vier weitere Bearbeitungsdefinitionen (Bild 6).

TURN	Drehen
CONT	Konturdrehen
GROOV	Einstechdrehen
THREAD	Gewindedrehen

Die gewünschte Vorschubrichtung kann durch die Modifikatoren LONG (0°), CROSS (90°) und ATANGL, α (α°) angegeben werden. Im Gegensatz zur Punktdefinition beim Bohren werden beim Drehen Roh- und Fertigteilkontur des Werkstückes im Teileprogramm beschrieben. Der Aufruf der Bearbeitung erfolgt in allen EXAPT-Sprachteilen durch die WORK-Anweisung. Um den Aufruf bestimmter Teile der Fertigteilkontur zu ermöglichen, können in der Konturbeschreibung Markierungen angegeben werden. Der Aufruf erfolgt zum Beispiel durch die Anweisung

CUT/M1, T0, M2

das heisst der zwischen den Markierungen M1 und M2 liegende Teil der Kontur wird mit der vorher aufgerufenen Bearbeitung freigelegt. Die Ermittlung der Schnittwerte, der Schnittaufteilung und der Werkzeugwege wird vom Processor unter Vermeidung von Kollisionen durchgeführt. Das Verfahren zur Ermittlung der Schnittwerte, das heisst der Schnittiefe, des Vorschubes und der Schnittgeschwindigkeit lässt sich anhand des Bildes 7 erklären.

Aufgrund des Maschinennamens, der Werkstoff- und der jeweils aufgerufenen Werkzeugnummer unter den bereits aufbereiteten Teileprogramminformationen stehen die Daten der entsprechenden Karteikarten im Kernspeicher zur Verfügung.

Mit dem Ziel, die Zahl der Schnitte zu vermindern, wird die Spanbreite B so gross wie möglich gemacht: Entweder wird sie durch die Eingriffslänge der Schneide Bzul oder durch das Aufmass am Werkstück begrenzt. Mit dem Ergebniswert wird der abspanbare Bereich in Einzelschnitte aufgeteilt. Die Berechnung der Werkzeugbahn bei jedem Schnitt ergibt die Koordinatentabelle, die an die Schnittwertermittlung übergeben wird. Für jeden Zielpunkt der Arbeitsbewegungen werden zuerst der Vorschub und dann die Schnittgeschwindigkeit berechnet.

Bei der Vorschubberechnung verwendet man für die Bearbeitungsgüten Schruppen und Schlichten zunächst zwei verschiedene Bestimmungsgleichungen.

Beim Schlichten bestimmt die zu erzeugende Oberflächengüte am Werkstück den Vorschubwert. Die anschliessend im Unterprogramm «Spandicke» ermittelten Werte dienen lediglich der Prüfung. Beim Schruppen wird aus jedem Kriterium, das die obere Grenze darstellen kann, ein Spandickenwert errechnet. Der erste Wert ergibt sich aus dem Spanformkriterium, weitere werden im Unterprogramm «Spandicke» in Abhängigkeit von der Höchstspandicke Hzul und der zulässigen Hauptschnittkraft Pzul des Werkzeugs sowie dem verfügbaren Spindelmoment der Maschine berechnet. Der niedrigste dieser Werte ergibt die Spandicke, die zusammen mit der bei der Werkzeugbahnberechnung verwendeten Spanbreite maximal verwirklicht werden kann. Im Unterprogramm «Einstellwinkel» wird für jedes Bahnelement eines Überlaufes der Einstellwinkel bestimmt, und geprüft, ob während des Schnittes mit der errechneten Spandicke H der Mindestvorschub der Maschine unterschritten wird. Tritt dieser Fall ein, wird im Programmzweig (4) der zumindest erforderliche Spandickenwert Hmin der Berechnung eines neuen Spanbreitenwertes B1 zugrunde gelegt, mit dem die Schnittaufteilung wiederholt werden muss. Der Ablauf beginnt in diesem Fall wieder bei (1).

Wenn die Werte für Spandicke bzw. Vorschub in den Grenzen der Vorschubreihe liegen, kann für jedes Bahnelement die grösstmögliche Schnittgeschwindigkeit berechnet werden. Sie entspricht dem kleinsten der Werte, die durch Vmax aus der Werkstoffkartei, durch die Maschinenleistung oder die Standzeit bestimmt werden, wobei nur der letzte Fall dem Optimum entspricht. Dabei wird gleichzeitig geprüft, ob bei einem der Bahnelemente die Mindestschnittgeschwindigkeit Vmin unterschritten wird. Ist dies der Fall, wird zunächst unter Verwendung von Vmin die für das betreffende Element mögliche Spandicke neu berechnet und wenn dabei Hmin unterschritten wird, muss mit der in Zweig (4) neu berechneten Spanbreite die Schnittaufteilung wiederholt werden. Wird Vmin bei dem Überlauf nicht unterschritten, werden die Schnittwerte als Vorschübe pro Umdrehung und Drehzahlen der Spindel mit den zugehörigen Bewegungsbefehlen an den Postprocessor ausgegeben.

Wie bereits erwähnt, kann die Ausgabe der Drehzahlwerte für Planzüge über das Teileprogramm so beeinflusst werden, dass der Processor eine Folge von Umschaltpunkten mit den zugehörigen Drehzahlwerten berechnet, wobei zwischen zwei aufeinanderfolgenden die Geschwindigkeitsabnahme gleich bleibt.

Dem Einfluss der Vorschub- und Rückkräfte, die sich mit der Vorschubrichtung

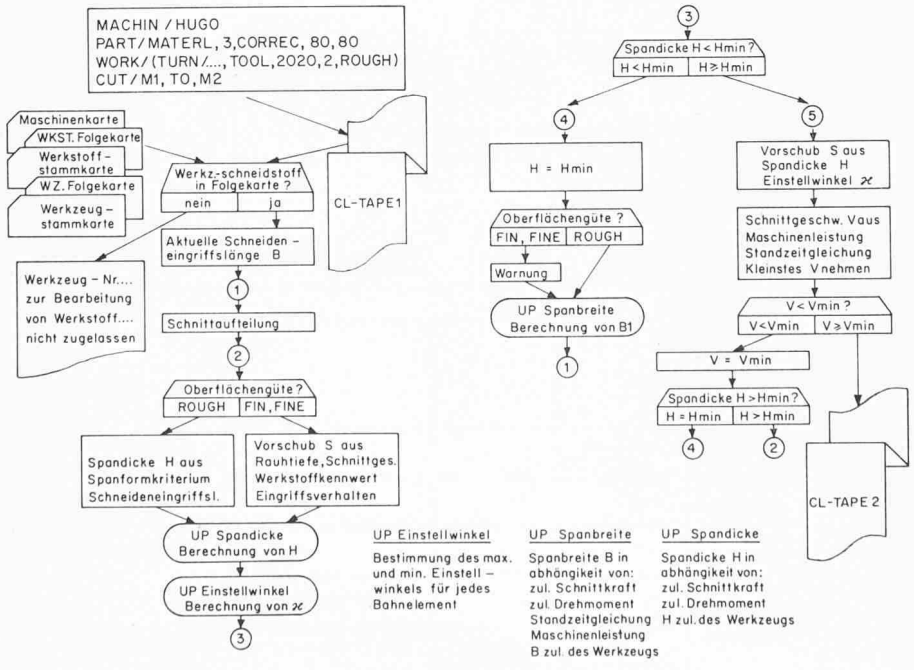


Bild 7. Ermittlung optimaler Schnittbedingungen beim Drehen

ändern, wird im Programm Rechnung getragen, indem die ermittelten Längsvorschübe vermindert werden. Der Vorschub wird stetig und progressiv vermindert, je mehr die Vorschub- von der Längsrichtung abweicht. Der Betrag der Vorschubverminderung kann für jeden Werkstoff durch die Vorgabe des Grenzwertes $S_{plan}/S_{längs}$ in der Werkstoffkartei festgelegt werden. Die ungünstige Spanbildung beim Einstechen kann berücksichtigt werden, wenn ebenfalls ein Vorschubkorrekturfaktor in der Werkstoffkartei abgespeichert wird. Die beiden Korrekturfaktoren werden beim Einstechen miteinander multipliziert.

Der Sprachteil EXAPT 3 ist bereits konzipiert worden und es wird zurzeit mit der Erstellung der Rechnerprogramme begonnen. Mit dem EXAPT-System wurde ein Verfahren geschaffen, Lochstreifen für NC-Maschinen mit Hilfe von EDVA unter Berücksichtigung der Geometrie und Technologie einfach zu erstellen. Die Ermittlung technologischer Werte kann leicht an Firmenerfahrungen angepasst werden und führt zu optimalen Schnittbedingungen. Damit wurde ein entscheidender Schritt zur Automatisierung der Arbeitsvorbereitung getan.

Im Rahmen der deutschen Industrieausstellung in Berlin vom 25. 9. bis 5.10.1968 wird in einer Sonderschau unter dem Thema «Qualität durch Forschung und Entwicklung» auch das EXAPT-System vorgeführt werden.

Adresse der Verfasser: Dipl.-Ing. *Heinz Berger*, Dipl.-Ing. *Wolfgang Budde*, Dipl.-Ing. *Wilhelm-Hans Engelskirchen*, Dipl.-Ing. *Bernd Hirsch*, Werkzeugmaschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Aachen, D-5100 Aachen.

Literaturverzeichnis

[1] *Opitz, H.* und *Simon, W.*: EXAPT 1 — Sprachbeschreibung. EXAPT-Verein, Josef-von-Görres-Strasse 59, Aachen, August 1967.

[2] *Opitz, H., Simon, W., Spur, G.* und *Stute, G.*: EXAPT 2 — Sprachbeschreibung. EXAPT-Verein, Josef-von-Görres-Strasse 59, Aachen, August 1967.

[3] *Opitz, H., Budde, W., Engelskirchen, W.-H., Hirsch, B.* und *Reckziegel, D.*: Das Programmierystem EXAPT. «TZ für praktische Metallbearbeitung» *61* (1967), Heft 8.

[4] *Hirsch, B.*: Bestimmung optimaler Schnittbedingungen bei der maschinellen Programmierung von NC-Drehmaschinen mit EXAPT 2, «Industrie Anzeiger» *90* (1968), H. 24, S. 469—473.

Stiftung Kollbrunner/Rodio, Institut für bauwissenschaftliche Forschung

DK 061.27:624

Unter diesem Namen wurde im Sinne von Art. 80 ff. ZGB am 19. Januar 1968 eine Stiftung mit Sitz in Zürich errichtet. Diese Stiftung bezweckt die Förderung der Forschung auf dem Gebiete der Bauwissenschaft, wobei aktuelle Probleme des Bauwesens behandelt und studiert, sowie insbesondere einschlägige Publikationen herausgegeben werden sollen. Dabei wird sowohl Grundlagenforschung wie auch Zweckforschung betrieben. Der Stiftungsrat besteht aus folgenden Personen: Dr. Dr. h. c. Curt F. Kollbrunner, Alex Christian Kollbrunner, André Claude Kollbrunner und Charles Blatter (8008 Zürich, Feldeggstrasse 82).

Das Institut für bauwissenschaftliche Forschung bezweckt durch seine Publikationen, dem in der Praxis stehenden Bauingenieur die neuesten Ergebnisse aus der Theorie, den Versuchen wie auch aus den gewonnenen Erfahrungen bekanntzugeben, damit er seine Konstruktionen, Berechnungen und Verfahren zeitgemäss ausführen kann.

Dem Stiftungszweck wurde eine erste Zuwendung von Fr. 100 000.— gewidmet. In Kürze wird dieses Vermögen durch weitere freiwillige Zuwendungen der Stifter wie auch durch Dritte erhöht. Durch das Institut für bauwissenschaftliche Forschung wurden bis heute zwei Hefte herausgegeben: Heft 1: *C. F. Kollbrunner* und *N. Hajdin:* Dünnwandige Stäbe mit in ihren Ebenen deformierbaren Querschnitten. Theorie der Faltwerke nach der Verschiebungsmethode. Januar 1968. — Heft 2: *C. F. Kollbrunner:* Forschung des Bauingenieurs. April 1968. — Das Heft Nr. 3 befindet sich im Druck: *Ch. Blatter* und *P. Lendi:* Der Injektionsschleier in Mattmark.

Verwaltungsgebäude der Union Rückversicherungs-Gesellschaft in Zürich

DK 725.23

Architekt **Rudolf Zürcher**, dipl. Arch. ETH, SIA, Mitarbeiter **M. Schüepp**, Zürich

Hierzu Tafeln 15 und 16

Das Grundstück in der Kernzone der Stadt weist dreiseitig Baulinien gegen öffentlichen Grund auf und ist westlich begrenzt durch die anstossenden Brandmauern an Gotthard- und Bodmerstrasse. Grösse und Lage liessen eine differenzierte Überbauung nicht zu, so dass der Baukubus weitgehend durch baugesetzliche Vorschriften gegeben war: 20 m Gebäudehöhe, sechs Vollgeschosse, reduziertes Dachgeschoss, sowie drei Kellergeschosse.

Grundriss-Organisation

Hinter den Arkaden des verglasten Erdgeschosses liegt die repräsentative Eingangshalle, flankiert von Ladengeschäften. Rund 70 % der Obergeschossflächen werden heute von den verschiedenen Abteilungen der «*Union*» für Eigenbedarf belegt, während der Rest vermietet und als Reserve für die spätere Erweiterung vorgesehen ist. Ausser Nebenräumen für Aufzugs- und Klimaanlagen liegt im zurückgesetzten Dachgeschoss ein verglaster, in Holz und warmen Farbtönen gehaltener Personalruheraum mit Teeküche. Der attraktive Ausblick von der Dachterrasse wird unterbrochen durch niedrig gehaltene Bepflanzung des Dachgartens. Die ersten zwei Kellergeschosse sind durch Fahrrampen mit dem Erdgeschoss verbunden und bieten Abstellplätze für 30 Personenwagen. Zwecks optimaler Raumausnützung wurde im ersten Kellergeschoss eine vollautomatische Autocompaktusanlage eingebaut. Die behördlichen Vorschriften bedingten die Ausführung eines dritten Kellergeschosses zur Unterbringung der Zivilschutzräume, welche durch den Einbau von Compaktusanlagen als Archive genutzt sind. Überdies liegen in den Kellergeschossen die Zentralen von Klima-, Heizungs-, Sanitär- und Elektro-Installationen. Der Fussgängerbereich der näheren Umgebung ist mit Granitplatten ausgelegt. Zwei den Haupteingang flankierende Wasserbecken mit Springbrunnen trennen den Haupteingang von den Autoabstellplätzen.

Konstruktion und Aufbau

Das ehemals vom See umschlossene Grundstück mit sehr schlechtem Seekreide-Untergrund und hohem Grundwasserspiegel bedingte eine Baugrubenumschliessung in Form einer 60 cm starken Betonwand, welche im Bentonit-Schlitzverfahren erstellt wurde. Diese Vorbereitungsarbeiten nahmen zusammen mit den nachbarlichen Brandmauerabsicherungen und Abbrucharbeiten rund ein Jahr in Anspruch. Damit der Manövrierraum der Fahrzeuge in den Kellergeschossen nicht eingeengt werde, durften in den Untergeschossen praktisch keine Innenstützen angeordnet werden. Hieraus ergab sich die Bedingung, die gesamten Gebäudelasten aus den oberen Stockwerken durch eine Tragkonstruktion über dem Erdgeschoss abzufangen und die grossen Kräfte über eine reduzierte Zahl von Fassadenstützen in die Untergeschosse abzuleiten. Bei diesem sogenannten «Tisch» handelt es sich um eine vorgespannte Rippenkonstruktion von 1,20 m Höhe, welche die gesamte Gebäudetiefe von 15 m frei überspannt. Die Eisenbetondecken der Obergeschosse werden von vollen Vierkantstahlstützen mit 10 cm Kantenlänge getragen. Im Interesse der freien Unterteilbarkeit der Büroflächen wurden diese Stützen als Vertikalakzente vor der Fassadenhaut angeordnet. Um das Ausknicken der sehr schlanken Stahlstützen zu vermeiden, sind die Deckenauflager als zentrierte Bolzengelenke ausgebildet. Leider tritt die ausserordentliche Schlankheit dieser Tragkonstruktion im Endausbau nicht mehr voll in Erscheinung, da in Zürich auch die Stahltragprofile ausserhalb des Gebäudes auf feuerpolizeiliches Verlangen mit 2 cm Asbestspray ummantelt werden müssen.

Der Bau beruht auf einem Grundraster von 1,30 m. Dieses Mass ergibt sich aus der zur Verfügung stehenden Gebäudelänge einerseits und der Forderung des Raumprogrammes nach relativ zahlreichen Einerbüros für Sachbearbeiter anderseits. Der gewählte Raster bringt überdies den Vorteil, dass die Norm-