

ISSN 0073-8433

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
**TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN**

SERIE 7 · NUMMER 17 · 1981

FILM C 1400

**Integrierte Erstellung von Zeichnung
Arbeitsplan und NC-Lochstreifen**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch od. engl.), 16 mm, farbig, 271 m, 25 min (24 B/s). Hergestellt 1980, veröffentlicht 1981.

Der Film ist für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt. Veröffentlichung aus dem Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der Technischen Hochschule Aachen, Lehrstuhl für Produktionssystematik, Prof. Dr.-Ing. W. EVERSHEIM, Dipl.-Ing. H. FUCHS, Dipl.-Ing. H. SCHMEINK, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dipl.-Ing. H. ADOLF; Kamera: Ing. (grad.) G. MATZDORF; Schnitt: L. RUPPELL, Ing. (grad.) G. MATZDORF. Die Forschungsarbeiten wurden durch den Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert.

Zitierform:

EVERSHEIM, W., H. FUCHS, H. SCHMEINK und INST. WISS. FILM: Integrierte Erstellung von Zeichnung, Arbeitsplan und NC-Lochstreifen. Film C 1400 des IWF, Göttingen 1981. Publikation von H. FUCHS und H. SCHMEINK, Publ. Wiss. Film., Sekt. Techn. Wiss./Naturw., Ser. 7, Nr. 17/C 1400 (1981), 19 S.

Anschrift der Verfasser der Publikation:

Dipl.-Ing. H. FUCHS und Dipl.-Ing. H. SCHMEINK, Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der Technischen Hochschule Aachen, Lehrstuhl für Produktionssystematik, Sommerfeldstraße, D-5100 Aachen.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Herausgeber: H.-K. GALLE · Schriftleitung: E. BETZ, I. SIMON

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftliche Ergänzung zu den Filmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film und der Encyclopaedia Cinematographica. Sie enthalten jeweils eine Einführung in das im Film behandelte Thema und die Begleitumstände des Films sowie eine genaue Beschreibung des Filminhalts. Film und Publikation zusammen stellen die wissenschaftliche Veröffentlichung dar.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN werden in deutscher, englischer oder französischer Sprache herausgegeben. Sie erscheinen als Einzelhefte, die in den fachlichen Sektionen zu Serien zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (0551) 21034

FILME FÜR FORSCHUNG UND HOCHSCHULUNTERRICHT

W. EVERSHEIM, H. FUCHS, H. SCHMEINK, Aachen, und INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM, Göttingen:

Film C 1400

Integrierte Erstellung von Zeichnung, Arbeitsplan und NC-Lochstreifen

Verfasser der Publikation: H. FUCHS und H. SCHMEINK

Mit 4 Abbildungen

Inhalt des Films:

Integrierte Erstellung von Zeichnung, Arbeitsplan und NC-Lochstreifen. Der Film vergleicht in anschaulicher Weise den Ablauf der konventionellen und integrierten Fertigungsunterlagenerstellung. Nach einer Vorstellung aller an der Erstellung der Fertigungsunterlagen beteiligten Produktionsbereiche werden im Anschluß daran die Vorgänge zur konventionellen Zeichnungs-, Arbeitsplan- und NC-Lochstreifenherstellung dem jeweiligen Ablauf zur rechnerunterstützten Erstellung mit den Systemen DETAIL 2, AUTAP und AUTAP-NC gegenübergestellt.

Summary of the Film:

Integrated Generation of Drawing, Process Plan and NC-Tape. The film gives a clear comparison of the procedure of conventional and integrated generation of manufacturing documents. At first all departments involved in generation of manufacturing documents are introduced. After that the steps of conventional and integrated generation of drawings, process plans and NC-tapes are compared. The integrated generation is done by use of the system modules DETAIL 2, AUTAP and AUTAP-NC.

Résumé du Film:

Production Intégrée de Dessins, de Plans de Travail et de NC-bandes perforées. Le film oppose la fabrication intégrée des documents pour la production à la production conventionnelle de dessin, plan de travail et NC-bande perforée. Premièrement tous les départements engagés à la production de ces documents sont présentés. Ensuite, les pas de la production conventionnelle et de la production intégrée pour le dessin, le plan de travail et le NC-bande perforée sont comparés. Les pas intégrés sont réalisés par les systèmes DETAIL 2, AUTAP et AUTAP-NC et démontrés au moyen d'une pièce à usine.

Allgemeine Vorbemerkungen

Viele Programmsysteme zum EDV-Einsatz in Konstruktion und Arbeitsplanung (CAD/CAP)¹ haben in den letzten Jahren das Prototyp- und Entwicklungsstadium verlassen und konnten beweisen, daß sie eine funktionsfähige und anwendungsreife Software darstellen. Punktuell eingesetzte, bzw. auf einen Anwender zugeschnittene Lösungen sind durch allgemeingültige, für einen breiten Anwenderkreis gedachte Systeme abgelöst worden. Das führte dazu, daß immer mehr Unternehmen sich mit CAD/CAP beschäftigen und bereit sind, solche Systeme einzuführen.

Erste CAD/CAP-Einsatzerfahrungen haben aber auch gezeigt, daß ein wirtschaftlicher Einsatz oftmals nur dann gewährleistet werden kann, wenn neben einer systematischen Einsatzplanung, begleitet von einer Reihe von notwendigen Vorbereitungsarbeiten, die einzelnen Programme untereinander gekoppelt werden können. Erreichbare Einsparungen gehen oftmals aufgrund des im allgemeinen hohen Eingabeaufwandes wieder verloren, so daß der Integrationsgedanke bei CAD/CAP-Programmen immer mehr in den Vordergrund tritt.

Dies trifft insbesondere bei Programmen für die Fertigungsunterlagenerstellung, sowohl im Konstruktions- wie auch im Arbeitsplanungsbereich zu. Die Betrachtung der Ausgangs- bzw. erzeugten Informationen in diesen Bereichen zeigt, daß die Entwurfs-, Einzelteilzeichnungs-, Arbeitsplan- und NC-Lochstreifenherstellung geometrische und technologische Daten über das zu verarbeitende Werkstück benötigen bzw. im Fall des Entwurfs erzeugen. Damit liegt der Gedanke nahe, Programme für die Fertigungsunterlagenerstellung zu einem integrierten System zusammenzufassen.

Erläuterungen zum Film

Wortlaut des gesprochenen Kommentars²

Der Film beginnt mit einer Vorstellung der einzelnen Produktionsbereiche (Konstruktion und Arbeitsvorbereitung) und zeigt zunächst, welche Unterlagen vor der Fertigung eines technischen Erzeugnisses zu erstellen sind. Im Anschluß daran wird als Alternative zur konventionellen Erstellung von Zeichnung, Arbeitsplan- und NC-Lochstreifen die integrierte rechnerunterstützte Methode angesprochen und darauf hingewiesen, daß hier alle Tätigkeiten zur Erstellung der o. g. Unterlagen von einer Person an einem Terminal durchgeführt werden können. Die Nutzung des für die integrierte Fertigungsunterlagenerstellung entwickelten Systems (Abb. 1) wird durch die detaillierte Darstellung der Anwendungsschritte dargestellt.

Dazu wird für ein Werkstück chronologisch jedes Stadium zur Erstellung von Zeichnung, Arbeitsplan und NC-Lochstreifen gezeigt und die Arbeitsweise des integrierten Systems demonstriert.

¹ CAD = Computer Aided Design; CAP = Computer Aided Planning.

² Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film. Die eingerückten Abschnitte in Kleindruck geben zusätzliche Informationen.

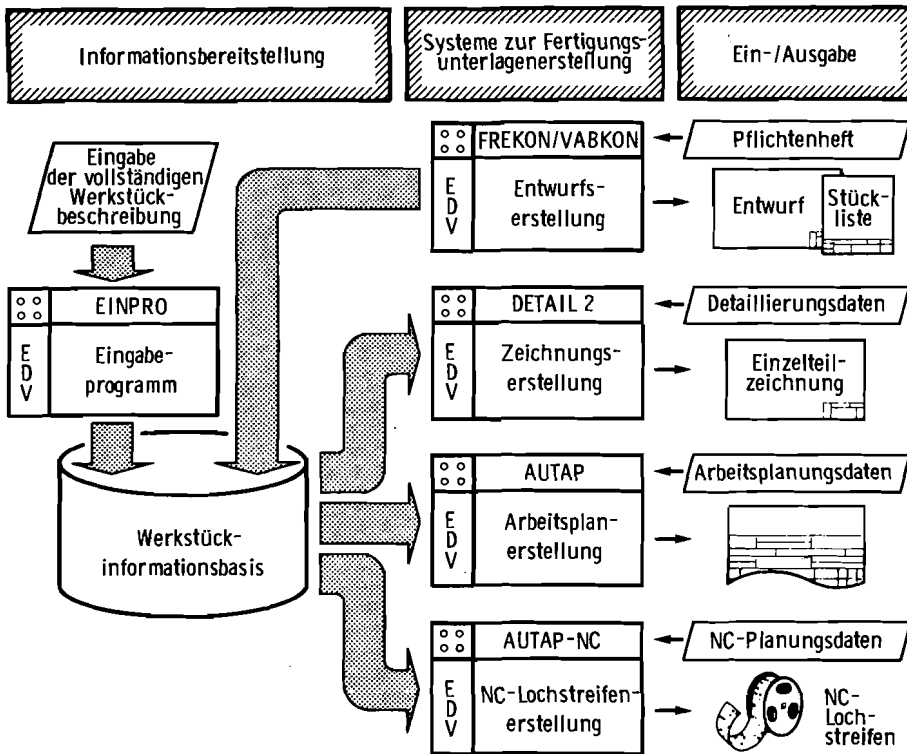


Abb. 1. System zur integrierten Fertigungsunterlagenerstellung

Vor jeder Fertigung eines technischen Erzeugnisses müssen Ausführungsform sowie Planung und Steuerung des Fertigungsablaufes vollständig dokumentiert sein. Die Erstellung der Fertigungsunterlagen beginnt im Konstruktionsbüro.

Eine der ersten Aufgaben in der Konstruktion ist die Entwurfserstellung. Wenn diese Arbeit abgeschlossen ist, können aus dem Entwurf für alle Einzelteile Skizzen durchgezogen werden.

Die Skizze wird dem Detailzeichner übergeben. Sie dient als Vorlage für die Detailierung, deren Ergebnis eine exakte fertigungsgerechte Einzelteilzeichnung ist.

Anschließend erfolgt in der Arbeitsvorbereitung die Planung und Steuerung des Fertigungsablaufes für diese Einzelteile. Neben anderen Aufgaben gehört dazu die Erstellung der Arbeitspläne, durch die der Bearbeitungsablauf detailliert dokumentiert wird.

Zum Schluß sind für die Bearbeitung der Werkstücke auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen von NC-Programmierern die Teileprogramme für die NC-Lochstreifenherstellung anzufertigen.

Alternativ zur konventionellen Erstellung von Zeichnung, Arbeitsplan und NC-Lochstreifen können sämtliche Fertigungsunterlagen auch integriert erstellt werden. Dies erfolgt an diesem Terminal durch eine einzige Person.

Die einzelnen Arbeitsschritte der konventionellen und integrierten Fertigungsunterlagererstellung werden nun gegenübergestellt.

Konventionelle Erstellung der Einzelteilzeichnung

Bei der konventionellen Erstellung einer werkstattgerechten Einzelteilzeichnung wird ausgehend von einer Skizze zunächst eine maßstäbliche Bleistiftzeichnung erzeugt. Dazu stehen dem Detailzeichner Hilfsmittel wie Lineale, Zirkel und Schablonen zur Verfügung. Darüber hinaus benötigt der Detailzeichner weitere nicht aus der Skizze oder aus den Auftragsunterlagen hervorgehende Informationen, die in Form von Katalogen, z. B. Halbzeug-, Wiederhol- und Normteilkatalogen, Berechnungsvorschriften sowie Konstruktionsrichtlinien vorliegen können.

Um pausfähige Zeichnungen zu erhalten, sind im Anschluß an die Fertigstellung der Bleistiftzeichnung alle Linien, Maßzahlen und Zeichnungstexte in Tusche auszuzeichnen. Darüber hinaus fallen häufig auf Grund von Konstruktionsanpassungen nachträgliche

WZ4		Systembefehle		DETAIL 2	
§	SPEICH	Speicherbefehl Einzelteil wird in zentr. Werkstückdatei abgelegt			
§	AENDER	Aufruf des Änderungsprozessors für Werkstückbeschreibung			

WZ4		Technologieelemente		DETAIL 2	
▽, ▽▽, ▽▽▽	Oberfläche OBERF/S, AN/		Parallelität TPARALS1,..E2, T/		
	Toleranz LTOL/OA, UA/		Rundlauf TLAUF/S1,...E2, T/		

WZ4		Nebenelemente		DETAIL 2	
	Fase FASL/B, W/		Bohrbild BOB1/DL, D, ANZ/		
	Rundung RADIL/R/		Mantelbohrung MABOD/D, T, XX=/		

WZ4		Hauptelemente		DETAIL 2	
	Zylinder außen ZYLA/D, L/		Hinterdrehung li. HZYLAL/D, B/		
	Konus außen KONA/D1, L, D2/		Hinterdrehung re. HZYLAR/D, B/		
	Zylinder innen ZYLI/D1, L/		Gewinde rechts MGEWR/M, L1, L/		
	Konus innen KONI/D1, L, D2/		Gewinde links MGEWL/M, L1, L/		
	Vierkant außen		Verzahnung gerade		

Abb. 2. Sprachumfang des Systems DETAIL 2

Zeichnungsänderungen an. Der dazu erforderliche Aufwand ist besonders groß, wenn die Zeichnung bereits in Tusche ausgezogen ist. Daher nimmt der Detaillierungsprozeß einen relativ großen Anteil an der Gesamterstellungszeit für die Fertigungsunterlagen ein.

Die Herstellung der Einzelteilzeichnungen ist der erste Schritt zur Dokumentation der Fertigungsunterlagen.

Anhand der vorliegenden Skizze wird zunächst eine maßstäbliche Bleistiftzeichnung angefertigt. Dazu stehen dem Detailzeichner unter anderem Hilfsmittel, wie Lineal, Zirkel und Schablonen zur Verfügung.

Weitere in der Skizze nicht enthaltene und den Auftragsunterlagen nicht zu entnehmende Informationen können beispielsweise in Normbüchern nachgeschlagen werden.

Diese Paßfedernut z. B. ist in den Abmessungen Breite und Tiefe abhängig vom Bohrungsdurchmesser und zur Aufnahme der Paßfeder genormt.

Zur Beschaffung von Daten für die Werkstückbemaßung kann der Detailzeichner auch auf Wiederholteilkataloge, Berechnungsvorschriften, Halbzeugkataloge sowie Lager- und Normteilübersichten zurückgreifen.

Nachteilig ist, daß für jede Informationsbeschaffung der eigentliche Detaillierungsprozeß unterbrochen werden muß.

Um pausfähige Zeichnungen zu erhalten, werden bei der konventionellen Zeichnungserstellung alle mit Bleistift vorgezeichneten Zeichnungen zusätzlich in Tusche ausgezogen.

Erfahrungsgemäß fallen auf Grund von Konstruktionsanpassungen häufig noch nachträgliche Zeichnungsänderungen an. Der Aufwand ist besonders groß, wenn die Zeichnungen bereits in Tusche ausgezogen sind. Daher nimmt der Detaillierungsprozeß einen relativ großen Anteil an der Gesamterstellungszeit für die Fertigungsunterlagen ein.

Integrierte Erstellung der Einzelteilzeichnung

Zur integrierten Erstellung von Einzelteilzeichnungen wird das Programmsystem DETAIL 2 eingesetzt. Es benutzt als Eingabe eine konstruktionsorientierte Beschreibungssprache, aus der die Werkstattzeichnung einschließlich der kompletten Bemaßung vollautomatisch generiert wird. Weitere Merkmale des Systems bestehen in der Möglichkeit zur

- vollautomatischen Schraffur bei Schnittdarstellungen,
- vollautomatischen Generierung einer Seitenansicht des Teiles,
- Erweiterung des Elementvorrates durch den Benutzer und
- Bildung von Beschreibungsmakros.

Für den Benutzer ist entscheidend, in welcher Form die Kommunikation mit dem System erfolgt. Deshalb sollen die zur Werkstückbeschreibung verfügbaren Elemente näher erläutert werden. Folgende Elementegruppen werden unterschieden (Abb. 2):

- Hauptelemente,
- Nebenelemente,
- Technologieelemente und
- Systembefehle.

Mit Hilfe der Hauptelemente wird die Grobgeometrie des Werkstücks bezüglich Außenkontur, Hinterdrehungen und Innenkontur beschrieben. Die Nebenelemente sind den Hauptelementen zugeordnet und dienen der weiteren Detaillierung des Einzelteils. Mit Hilfe der Haupt- und Nebenelemente wird die Geometrie des Werkstücks vollständig beschrieben. Die Technologieelemente können sich sowohl auf Haupt- als auch auf Nebenelemente beziehen. Sie beeinflussen nicht mehr die Geometrie des Werkstücks, sondern wirken sich allein auf die Bemaßung aus. Als letzter Elementtyp stehen noch eine Reihe von Systembefehlen zur Verfügung, mit deren Hilfe beispielsweise die Speicherung oder Änderung der Werkstückbeschreibung erfolgen kann.

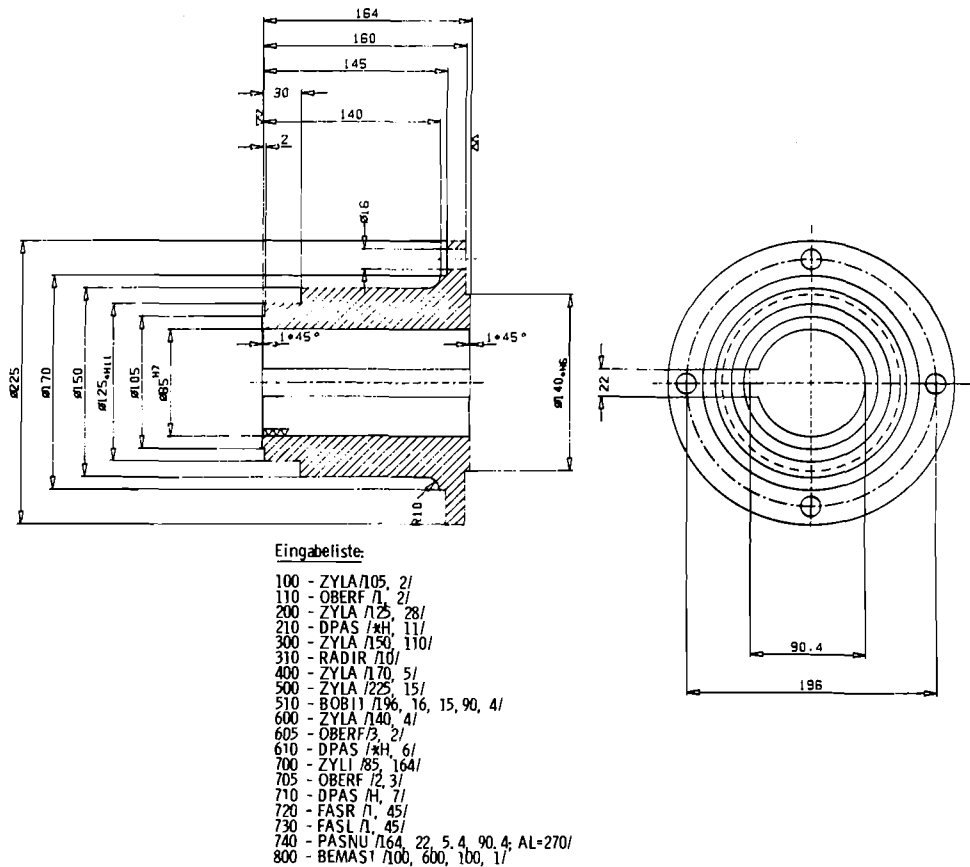


Abb. 3. Automatisch erstellte Einzelteilzeichnung mit zugehöriger Einzelteilbeschreibung

Jedes verwendete Beschreibungselement besteht aus dem Elementnamen sowie aus Parametern. So ist z. B. für den Zylinder das Sprachwort „ZYLA“ sowie Durchmesser und Länge des Zylinders anzugeben, und für das Bohrbild „BOBI“ muß der Lochkreisdurchmesser, der Lochdurchmesser sowie die Anzahl der Löcher vorgegeben werden. Analog erfolgt die Anwendung der Technologieelemente und Systembefehle. Alle in einem aktuellen Fall zu einem Einzelteil eingegebenen geometrischen, technolo-

gischen und organisatorischen Daten werden von einem Eingabeprogramm in eine sogenannte Werkstückinformationsbasis gespeichert und stehen somit zunächst für die automatische Zeichnungsgenerierung zur Verfügung (Abb. 3).

Die Zeitdauer der Zeichnungserstellung mit dem Programmsystem DETAIL 2 von der Eingabe der Werkstückbeschreibung bis zur Ausgabe auf dem Plotter beträgt durchschnittlich nur ein Fünftel der Zeit, die für die konventionelle Erstellung der Zeichnung benötigt wird.

Bei der integrierten Fertigungsunterlagenerstellung wird ebenfalls die Skizze als Ausgangsinformation zur Detaillierung des Einzelteiles herangezogen.

Neben der Skizze liegen dem Programm benutzer noch die jeweiligen Auftragsunterlagen sowie ein Katalog mit allen Vorschriften und Elementen zur Beschreibung der Einzelteile vor.

Nach dem Aufruf des Eingabeprogramms erfolgt in diesem speziellen Fall die Aufforderung an den Benutzer, die Art der gewünschten Eingabe festzulegen. Es wird hier die „Neueingabe“, d. h. die Beschreibung eines neuen Teiles durch Eingabe der Zahl 1 gewählt.

Für die Beschreibung von Einzelteilen wurde eine benutzerorientierte Eingabesprache entwickelt, die dem Anwender die vollständige Beschreibung des Werkstückes mit Hilfe technischer Elemente erlaubt. An einigen Beispielen soll dies erläutert werden.

Der hier dargestellte Zylinder ist im Elementekatalog unter dem Element-Namen ZYLA für Zylinder außen mit den zugehörigen Abmessungen Durchmesser und Länge vereinbart.

Der Benutzer gibt also den Element-Namen mit den aktuellen Parametern Durchmesser 150 mm und Länge 110 mm ein. Die voranstehende laufende Nummer dient zur Zuordnung der einzelnen Elemente untereinander.

Der Übergangsradius zum nächsten Zylinder ist im Katalog unter dem Element-Namen RADIR definiert. Als Eingabeparameter ist lediglich die Größe des Radius festzulegen.

Die laufende Nummer 310 bedeutet, daß der eingegebene Radius unmittelbar zu dem vorangegangenen Zylinder mit der laufenden Nummer 300 gehört.

Nach zwei weiteren Zylindern wird dieses Bohrbild beschrieben.

Der Elementname, in diesem Fall BOBI 1, und alle erforderlichen Parameter sind einzugeben.

Die Parameter für dieses Bohrbild sind im einzelnen der Lochkreisdurchmesser, der Bohrungsdurchmesser, die Bohrtiefe, der Teilungswinkel und die Lochanzahl.

Im Anschluß an die Eingabe aller geometrischen und technologischen Elemente besteht für den Anwender die Möglichkeit, verschiedene Bemaßungsstrategien und eine zusätzliche Seitenansicht des Teiles zu wählen.

Alle vom Eingabeprogramm aufgenommenen Daten werden in einer Werkstückinformationsbasis gespeichert.

Im nächsten Schritt wird das Programmsystem DETAIL 2 zur automatischen Zeichnungserstellung aufgerufen. Dieses Programm greift auf die gespeicherten Werkstückdaten zurück. Die zur Generierung der vollständigen Werkstückzeichnung notwendige Verknüpfung der Elemente erfolgt im Rechner ohne weitere Ein-

griffe des Anwenders. Als Ergebnis dieses Prozesses wird die Einzelteilzeichnung zunächst auf einem graphischen Bildschirm ausgegeben.

Korrekturen am Einzelteil, die auf Grund fehlerhafter Eingaben oder konstruktiver Änderungen erforderlich werden, lassen sich durch gezielte Änderung der Eingabedaten leicht realisieren.

Soll zum Beispiel die Lochanzahl des Bohrbildes von 6 auf 4 geändert werden, so muß vom Systemanwender der Änderungsprozessor für die Werkstückbeschreibung aufgerufen werden.

Zur Korrektur des Bohrbildes ist dann nur die Neueingabe des zugehörigen Beschreibungssatzes erforderlich.

Der Änderungsprozessor überschreibt die alte Zeile durch die aktualisierte und speichert die gesamte Werkstückbeschreibung erneut in der zentralen Werkstückinformationsbasis ab.

Zur Generierung der endgültigen Zeichnung wird das Programmsystem DETAIL 2 von neuem aufgerufen.

Die Ausgabe der Zeichnung auf dem Plotter ist ausgelöst.

Die Zeitdauer der Zeichnungserstellung mit DETAIL 2 von der Eingabe der Werkstückbeschreibung bis zur Ausgabe auf dem Plotter beträgt durchschnittlich nur ein Fünftel der Zeit, die für die konventionelle Erstellung der Zeichnung benötigt wird.

Mit dem System DETAIL 2 kann man komplette Zeichnungen mit Haupt- und Nebenansichten, mit automatischer Schraffur und wählbaren Bemaßungsstrategien erzeugen. Auch die Darstellung von Einzelheiten, Zahnrad- und Toleranztabellen, Zeichnungskommentaren und dem Zeichnungskopf ist möglich.

Konventionelle Erstellung des Arbeitsplans

Im Arbeitsplanungsbüro wird auf der Grundlage des Auftrages und der Zeichnung der detaillierte Arbeitsplan erstellt, in dem der Fertigungsablauf des Werkstückes exakt festgelegt wird.

Die einzelnen Bearbeitungsschritte, deren Reihenfolge, aber auch die erforderlichen Maschinen, Vorrichtungen und Werkzeuge sowie die Vorgabezeiten müssen bestimmt werden. Alle dafür notwendigen Planungsinformationen sind aus zahlreichen Listen und Katalogen, herauszusuchen.

Für die Drehbearbeitung der hier markierten Planfläche des Werkstückes trägt der Planer Entsprechendes im Arbeitsplanungsformular ein.

Die Zeile lautet „Planseite auf Fertiglänge plus 3 mm“.

Für die Drehbearbeitung ist hier ein Aufmaß von 3 mm als Schleifzugabe vorgese-
hen.

Nach der Bestimmung weiterer Arbeitsvorgänge überprüft der Arbeitsplaner für die Festlegung des Bohrvorganges zu diesem Bohrbild die vorhandenen Werkzeuge und ergänzt den Arbeitsplan um die entsprechende Arbeitsvorgangsbeschreibung:

In diesem Falle lautet die Beschreibung „NC Bohren 4×, Durchmesser 16 mm“.

Zur Bestimmung der Vorgabezeiten für die einzelnen Arbeitsvorgänge greift der Planer auf Vorgabezeittabellen zurück.

Mit den entnommenen Richtwerten berechnet er die für diesen Arbeitsvorgang vorzusehende Zeit.

Als weitere Arbeitsgänge werden z. B. noch festgelegt: Entgraten zum Wärmebehandeln, Härten des Werkstücks, Schleifen der Bohrung, Härtekontrolle, und nun ist der Plan vollständig.

Integrierte Erstellung des Arbeitsplans

Zur integrierten Erstellung des Arbeitsplanes wird das System AUTAP eingesetzt, welches aus den Daten der Werkstückdatei nach Hinzufügen von weiteren organisatorischen Daten, wie z. B. Losgrößen und Auftragsdaten, vollautomatisch den Arbeitsplan generiert. Das von AUTAP beherrschbare Teilespektrum umfaßt dabei sowohl Rotations- wie auch Blechteile.

Die Verarbeitung der eingegebenen Informationen für die Generierung von vollständigen Arbeitsplänen erfolgt in zwei Schritten. Der erste Planungsschritt ist die Ermittlung der Arbeitsvorgangsfolge. Grundlage dieses Verarbeitungsschrittes ist die Arbeitsvorgangsstruktur. Diese Struktur besteht aus einer netzplanartigen Zusammenstellung aller für die zu planenden Werkstücke relevanten Arbeitsvorgänge in ihrer technologisch richtigen Reihenfolge. Die Zuordnung von Entscheidungskriterien zu jedem einzelnen Arbeitsvorgang ermöglicht die vollautomatische Auswahl der benötigten Bearbeitungsschritte für jedes eingegebene Werkstück durch das System AUTAP.

Nachdem die Arbeitsvorgangsfolge automatisch bestimmt worden ist, erfolgt im zweiten Planungsschritt die Bestimmung der Arbeitsvorgangsdaten. Diese umfassen neben einigen formal erzeugbaren Angaben zum überwiegenden Anteil Informationen, die abhängig von umfangreichen Planungsalgorithmen und -daten für jeden Arbeitsvorgang neu zu bestimmen sind. Dazu gehören die Maschinen- und Fertigungshilfsmittel-daten, Vorgabezeiten und die Arbeitsanweisung.

Die Ermittlung der Arbeitsvorgangsdaten erfolgt mit Hilfe einzelner Programmmoduln, die Zugriff auf alle Planungsinformationen zur Bestimmung der Arbeitsvorgangsdaten haben und von den aktuellen Arbeitsvorgängen aktiviert werden.

Zur Überprüfung der einzelnen Berechnungsschritte bei der Generierung der Arbeitsplandaten und gleichzeitig als zusätzliche detaillierte Planungsinformation können die Zwischenergebnisse der automatischen Arbeitsplanerstellung dokumentiert werden. Dies erfolgt durch Ausgabe von Vorgabezeitabellen oder Fertigungsanweisungen für einzelne Arbeitsvorgänge. Diese enthalten eine genaue Auflistung aller Bearbeitungsschritte mit den zugehörigen geometrischen und technologischen Angaben, z. B. Schnittwerte. Zusätzlich enthält die Fertigungsanweisung Hinweise über Spannlagern und Bearbeitungsarten, z. B. Plandrehen und Längsdrehen.

An die Durchführung der Planungsschritte, Arbeitsvorgangsfolge- und Arbeitsvorgangsdatenermittlung schließt sich die Ausgabe des Arbeitsplanes an. Dazu werden alle Planungsergebnisse systematisch zusammengestellt und in Form eines in der Fertigung direkt verwendbaren Fertigungsplanes ausgedruckt (Abb. 4).

Zu Beginn der integrierten Arbeitsplanerstellung kann der Anwender die Zeichnung des Werkstückes erneut abrufen.

Anschließend wird zur automatischen Arbeitsplanerstellung das System AUTAP gestartet. Es greift ebenso wie DETAIL 2 auf die gespeicherten Werkstückdaten zurück.

Zusätzlich müssen für die automatische Arbeitsplanerstellung einige vom System abgefragte organische Daten eingegeben werden. Z. B. ist in der drittletzten Zeile die

Zur besseren Übersicht und Kontrolle der Planungsschritte bietet das System die Möglichkeit, verschiedene Zwischenergebnisse in Form von Tabellen und Listen auszugeben.

Für die Bohrbearbeitung werden z. B. folgende Daten ausgegeben: Lochnummer, Art und Durchmesser des einzusetzenden Werkzeuges, Drehzahl, Vorschub, Bohrlänge sowie die einzelnen Hauptzeitanteile und deren Summe. Das mit dem System AUTAP erzielte Endergebnis ist der vollständige Arbeitsplan.

Für jeden Arbeitsvorgang werden die Arbeitsvorgangsnummer, Rüstzeit, Stückzeit, Zeilennummer, Maschinengruppe und die Arbeitsvorgangsbeschreibung ausgegeben.

Das System AUTAP kann für alle Rotationsteile, die mit Hilfe technischer Elemente beschreibbar sind, angewandt werden.

Jede unternehmensspezifische Anpassung in bezug auf Bearbeitungsverfahren, zur Verfügung stehende Maschinen, Vorgabezeit-Richtwerte, Detaillierungsgrad der Planung und Form der Ausgabe ist möglich, wie z. B. diese Ausgabe auf dem Schnelldrucker mit sämtlichen Zwischenergebnissen und Tabellen.

Konventionelle Erstellung des NC-Lochstreifens

Die Aufgabe der NC-Planung ist die Erstellung von Teileprogrammen, die in codierter Form die Informationen zur Steuerung der NC-Maschine enthalten. Aus diesen Programmen werden mit Hilfe von NC-Programmsystemen Lochstreifen zur Übertragung der Steuerinformationen auf die NC-Maschine gewonnen.

Zur Programmerstellung stehen dem NC-Planer die Werkstückzeichnung und der Arbeitsplan zur Verfügung.

Der NC-Programmierer entnimmt dem Arbeitsplan die NC-Bearbeitungsaufgabe. Die detaillierten geometrischen Informationen ergeben sich aus der Werkstückzeichnung.

Zunächst wird die zu drehende Kontur markiert.

Die Beschreibung des Teileprogramms mit entsprechenden Eintragungen in dem sogenannten Ablochformular beginnt mit der Benennung des Teiles.

Aus dem Werkzeugkatalog werden die Einstelldaten der benötigten Werkzeuge entnommen.

Für den automatischen Werkzeugwechsel muß das Werkzeug z. B. auf eine Endposition zurückgefahren werden.

Diese Sicherheitsposition ergibt sich aus der Summe Werkstücklänge plus Werkzeuglänge plus dem Sicherheitszuschlag von 40 mm.

Für den ersten Bearbeitungsschritt wird ein passendes Makro ausgesucht und zunächst die Makrobezeichnung im Teileprogramm ergänzt.

Aus dem Makrokatalog und der Zeichnung entnimmt man die X-Koordinaten und Durchmesser zur Festlegung der Werkzeugverfahrwege.

Die Weglängen $\times 11$ und $\times 22$ z. B. gelten für die Werkstücklänge mit bzw. ohne Aufmaß.

Die Durchmesser D11 und D22 entsprechen dem maximalen und minimalen Durchmesser beim Plandrehen.

Aus weiteren Unterlagen entnimmt der NC-Programmierer den Vorschub von 0,5 mm pro Umdrehung, die Schnittgeschwindigkeit von 150 m/min und den Schneidradius von 0,1 mm.

Unter Zuhilfenahme einer Vielzahl von Katalogen, Listen und Tabellen wird so das vollständige Teileprogramm erstellt.

Das ausgefüllte Ablochformular wird an den EDV-Bereich weitergeleitet. Dort erfolgt die Übertragung der Informationen auf Lochkarten. Die vor den Kartenstapel eingelegte grüne Karte ist die sog. Steuerkarte. Sie wird zuerst gelocht.

Jede Zeile im Ablochformular wird fortlaufend auf je eine Lochkarte übertragen.

Die gelochten Karten werden in den Computer eingelesen.

Das NC-Programmiersystem verarbeitet die Daten zu Steuerinformationen für die Maschine. Die Informationen werden auf Lochstreifen übertragen.

Integrierte Erstellung des NC-Lochstreifens

Neben der automatischen Teileprogrammerstellung können zusätzlich über weitere Programme die NC-Verfahrwege in graphische Informationen umgesetzt und zu Kontrollzwecken auf einem Plotter dargestellt werden.

Das mit AUTAP-NC automatisch erstellte Teileprogramm wird vom nachgeschalteten NC-Programmiersystem weiterverarbeitet, das letztlich den Lochstreifen zur Maschinensteuerung erzeugt. Die Bearbeitung des Werkstückes auf der mit diesem Lochstreifen gesteuerten NC-Drehmaschine wird zum Abschluß des Filmes gezeit.

Das Ziel der integrierten NC-Lochstreifenherstellung ist, auch das Teileprogramm automatisch zu erstellen. Das dazu entwickelte Programmsystem AUTAP-NC greift ebenso wie DETAIL 2 und AUTAP auf die gespeicherten Werkstückdaten zurück.

Welche Bearbeitungsvorgänge am Werkstück auf NC-Maschinen erfolgen, geht aus dem Arbeitsplan hervor.

Für diese Bearbeitungsvorgänge werden durch den Aufruf des Systems AUTAP-NC automatisch die Steuerinformationen für die NC-Maschine ermittelt.

Um die Werkzeugverfahrwege zu kontrollieren, können sie auf dem Plotter ausgegeben werden.

Nach der Kontrolle der Verfahrwege wird die Ausgabe des Steuerlochstreifens ausgelöst.

Zusammen mit dem Lochstreifen werden die Zeichnung und der Arbeitsplan in die Fertigung weitergeleitet. Für die NC-Bearbeitung wird der Lochstreifen in die entsprechend vorbereitete Maschine eingelegt.

Nachdem der Lochstreifen eingelegt ist, wird er eingelesen.

An der NC-Maschine wird nun der Start zur automatischen Drehbearbeitung des Werkstückes ausgelöst.

Auf Grund einer einmaligen Beschreibung dieses Werkstückes sind Zeichnung, Arbeitsplan und NC-Lochstreifen zur Fertigung des Werkstückes automatisch erstellt worden.

Mit dem dargestellten System der integrierten Erstellung von Zeichnung, Arbeitsplan und NC-Lochstreifen können zur Zeit schon für ein breites Spektrum von Rotationsteilen die zugehörigen Fertigungsunterlagen generiert werden.

English Version of the Spoken Commentary¹

Before manufacturing a technical product its design as well as planning and controlling the manufacturing process have to be completely documented. The generation of manufacturing documents begins in the design department.

One of the first tasks is to create the design of the product. Once the design is finished, outlines for each part can be traced.

This outline is given to the draftsman.

It is the base for detailing and drafting the workshop drawing.

Next the production planning department has to plan and to control the manufacturing process of parts. Besides other tasks the planners have to generate process plans in order to determine the manufacturing sequence in a detailed way.

Finally, NC-part programs have to be generated as input of NC-programming systems that produce NC-punched tapes for manufacturing parts on NC-machine tools.

The alternative to the conventional generation of drawings, process plans and NC-tapes is the integrated system. It enables the generation of the manufacturing documents by only one person at this „terminal“.

The single steps of the conventional and the integrated generation of manufacturing documents will be compared.

Konventionelle Erstellung der Einzelteilzeichnung (Conventional Generation of Drawing)

The generation of workshop drawings is the first step of documenting the manufacturing papers.

On the basis of the prepared outline the draftsman at first creates a scaled drawing. For this task he used straightedge, compasses and stencils.

Information which is not given in the outline or in the order papers can be looked up in standard specifications.

For example the breadth and the depth of this key way are standardized depending on the diameter of the part.

To procure data for the dimensioning of the part the draftsman can use catalogues of repeating parts, calculation forms, lists of semi-finished products, stock lists and standards.

It is disadvantageous that the drafting process has to be interrupted each time when looking up information.

In order to receive reproducible originals, all drawings at first traced by pencil, have then to be drafted with Indian ink.

Experience has shown that design adaptations often lead to later alteration of workshop drawings. These modifications are hard to realize when they have to be done in a workshop drawing already drafted in Indian ink. Thus, the time spent on the drafting process is a considerable part of the whole time for the generation of manufacturing documents.

¹ The headlines in *italics* correspond with the subtitles in the film.

Integrierte Erstellung der Einzelteilzeichnung
(Integrated Generation of Drawing)

Also for the integrated generation of manufacturing documents the outline represents the initial paper for drafting.

Additionally, the user of the system applies the order papers and a catalogue of elements for describing the part.

In this special case, after having started the input processor, the user is asked to determine the kind of input. In this case he has to type in 1 as a code for describing a new part.

For describing parts, a description language has been developed, that enables the user to create a complete part description with the help of technical elements. Some instances will be shown for explaining this language.

The cylinder shown here can be found in the element catalogue under the name ZYLA meaning cylinder outside. The necessary dimensions are diameter and length.

The user types in the name of the technical element with the actual parameters diameter 150 mm and length 110 mm. The preceding current number is necessary for assigning the elements to each other.

The radius on the next cylinder is defined in the element catalogue with the name RADIR. The input parameter is only the dimension of the radius.

The current number 310 means that this radius is assigned to the preceding cylinder with the number 300.

After having typed in two further cylinders the shown pattern of holes will be described.

The element name and all necessary parameters have to be fed in.

The parameters for this pattern of holes are the diameter of both hole circle, the diameter of a single hole, the depth of a single hole, the scaling angle and the number of holes.

After having typed in all geometrical and technological information the user has the possibility to choose different dimensioning strategies and an additional side-view of the part.

All information is stored in the central workpiece data file by the input processor. The next step of the integrated generation of manufacturing documents is the start of the system "DETAIL 2." This system works with the data stored in the central data base. For generation of the complete workshop drawing all necessary algorithms and combinations of elements are realized fully automatically within the computer. The workshop drawing which represents the result of this procedure at first appears on a graphical CRT.

If there are alterations coming from wrong input data or design adaptations, only the part description has to be updated.

If for example the number of holes of the pattern of holes has to be changed from 6 to 4, the user has at first to start the adapting processor.

In order to correct this pattern of holes, only the corresponding input statement has to be changed.

The adapting processor is able to replace the old statement by the new one and to store again the hole part description into the workpiece data base.

In order to generate the actual workshop drawing, the system "DETAIL 2" has to be started again.

After that, the user has started the output of the drawing on the plotter.

Regarding the generation of drawings with "DETAIL 2" beginning from the input of the workpiece-description to the output, a five-fold reduction of time compared with conventional generation of drawings can be expected.

"DETAIL 2" enables the generation of complete workshop drawings with main and additional views, automatic hatching of sections and selectable dimensioning strategies, furthermore, automatic drawing of details, generation of tables of gearing and tolerances as well as the output of special drawing comments.

Konventionelle Erstellung des Arbeitsplans (Conventional Generation of Process Plan)

The detailed process plan is generated in the process planning department on the basis of the drawing and the order data.

The planner has to determine the steps of operation and their sequence, all necessary machines, jigs, tools and the preorated time. All necessary information can be picked out of numerous lists and catalogues.

For turning the shown surface of the part the planner has to write down the process description.

This line reads as follows: "Turning surface to right length plus 3 mm".

3 mm have to be left as grinding addition.

After having determined further operations, the planner has to check the existing tools for the drilling operation for this pattern of holes.

Thus, he adds the corresponding process description.

In this case the description is „NC-Drilling 4 times, diameter 16 mm“.

Tables of preorated times are the basis for calculation of estimated time.

With the help of the given standard values the planner calculates the actual preorated time for each special operation.

The further operations, for example, read as follows: Deburring and heat treatment: hardening, internal grinding; hardness test and now the process plan is finished.

Integrierte Erstellung des Arbeitsplans (Integrated Generation of Process Plan)

In order to apply the integrated system for process planning, the drawing can be displayed again.

The process planner starts the system "AUTAP" for automatic generation of process plans. This system also uses the part description stored in the central data base.

In addition to these data, the user has to type in some organizational data which are asked by the system.

These organizational data for example are the designation of the machine the finished part belongs to, the number of order and the lot size.

The planning functions are realized in a batch mode without any interactive dialogue.

In order to have the possibility to check each single planning step, intermediate results and final results can be listed.

For example for the drilling operation the following data are issued: number of holes, type and diameter of necessary tools, number of revolutions, feed, drilling length, single preorated times and the sum of them.

The result of the system "AUTAP" is the complete process plan. For each operation the operation number, the set-up time, the time per piece, the line number, the machine group and the operation description is given out.

The system "AUTAP" can be used for the planning of rotational parts, which can be described by technical elements. For these parts, every adaptation to company-specific requirements concerning tooling methods, available machines, preorated time factors, degree of detailing and form of output are possible.

This output for example is printed out.

Konventionelle Erstellung des NC-Lochstreifens (Conventional Generation of NC-Tape)

The task of NC-planning is the generation of the part-programs. These part-programs are input for NC-program systems, which produce punched tapes containing all information for controlling the NC-machines.

Fundamental documents for the NC-programmer are the workshop drawing and the process plan.

Out of the process plan he can derive the NC-processing task. The detailed geometrical information is given in the workshop drawing.

At first, the planner marks the turning contours.

Then he starts filling in the punching form and designating the part.

The NC-programmer finds the positioning data of necessary tools in the tool-catalogue and transmits them into the punching form. For the automatic changing of the tool, the tool has to be transferred to the beginning position. This position can be calculated out of the sum of the length of the part plus tool length plus security addition of 40 mm.

He selects an applicable macro for the first processing step and adds the macro-specification to the part program.

The X-coordinates and diameters are picked up from the macro-catalogue and drawing to fix tool displacing ways. The length of the ways X 11 and X 22 correspond to the part length with and without addition.

The diameter D11 and D22 are corresponding to the maximum and minimum diameter of face turning.

With the help of further papers the NC-programmer determines the feed of 0.5 mm/ per rev., the cutting speed of 150 m/min and the cutting radius of 0.1 mm.

By consulting a lot of catalogues, lists and tables the complete part program is thus created.

The filled-in punching-form is passed to the EDP-department. There the transmission to NC-punched cards takes place. The first green card is the so-called "controlling card". It has to be punched first.

Each line in the form is transmitted to one punched card.

The NC-punched-cards are read.

The NC-program-system generates out of these data direct control-information for the NC-machine. The information is transmitted to a NC-punched tape.

Integrierte Erstellung des NC-Lochstreifens

(Integrated Generation of NC-Tape)

It is the aim of the integrated generation of NC-punched-tapes to generate automatically even the part-programs. To this end the system "AUTAP/NC" was developed. Just like "DETAIL 2" and "AUTAP" it uses the information stored in the workpiece-data-base.

The NC-machining operations for manufacturing the part are noted in the processplan already created.

The control-data for these machining processes are generated by "AUTAP/NC."

In order to check the tool processing ways, they can be printed out on a plotter.

After checking the tool processing, the output of the NC-punched-tape is started via CRT.

The NC-punched tape together with the drawing and process plan is taken to the shop floor.

NC-processing requires preparation of the machine and the NC-punched-tape has to be inserted.

After having inserted the NC-tape, it is read in.

Now the automatic turning operation of the workpiece will be started.

On the basis of the part-description typed in only once per part drawing, process plan and NC-punched tape have been generated.

The system introduced here for integrated computer aided generation of manufacturing documents already has a wide range of applications for a large spectrum of rotational parts.