

George Kovács

Institut für Rechentechnik und Automatisierung  
der Ungarischen Akademie der Wissenschaften  
Budapest, Ungarn

## MICRO- UND MINIRECHNER CAD SYSTEME

Inhaltsangabe. Unser Referat befasst sich mit einige Resultate Tendenzen der Vorschung im CAD Gebiet im Ausland und im Ungarn. Ein CAD Monitor System und einige Anwendungsbeispiele sind in Einzelheiten diskutiert. Das lätzte Teil beschäftigt sich mit einem Microrechner CAD System welches den geometrischen und technologischen Entwurf von 3D Translationsoberflächen unterstützt.

### 1. Die Entwicklung von CAD Systeme

Wie jede rechenmaschinelle Aufgabe wurden die ersten CAD Programme für Rechner mit Stapelbearbeitung ohne Interaktivität und Time-sharing ausgearbeitet. Auf den universellen Computern liefen neben anderen Aufgaben (z.B. Buchhaltung) auch die CAD Programme. Dieser Zustand ist in den entwickelsten Ländern für die 60er Jahre Charakteristisch.

Während der Entwicklung in der 70er Jahren sind zwei verschiedene Tendenzen zustande gekommen. Einerseits wurden spezielle CAD mini-Maschinen, andererseits Time-sharing Systeme benützt.

Die CAD Mini-Maschinen zeigten gute interaktiven Möglichkeiten für das Ablaufen von einer Aufgabe, im Gegensatz zur Time-sharing Systeme wo mehrere Benützer verschiedene Aufgaben mit nur kleinen interaktiven Möglichkeiten ausarbeiten können.

Wegen des Karakters von CAD Programme wurde die Möglichkeit der Interaktivität von besonderer Bedeutung, und zwar womöglich mit grafischen Mitteln.

Es gibt nämlich in einem Entwurfsprozess solche Entscheidungen welche entweder nur sehr kompliziert oder gar unmöglich programmiert werden können. In solchen Fallen muss die Entscheidung in den Händen des Entwurfers sein. (Dialog-Regime.)

Während der Programmablauf in Dialog-Regime wendet sich das Programm oft zum Operator (=Entwerfer). Er muss an der Konsole der Rechner die Fragen der Maschine beantworten.

Mit das Erscheinen von modernen interaktiven Geräten hat sich der CAD Arbeitsplatz entwickelt. Graphische Display Einheiten mit Lichtstift

und/oder mit Fadenkrenz, Zeichendigitalisiergeräte, Digitalisierungstablette (auch für Menü-technik) und Zeichenmaschinen wurden mit grossleistung Minirechner zusammengeschaltet, und so sind die CAD Arbeitsplätze weltweit zu Stande gekommen.

Auf solchen Arbeitsplätzen kann und soll grundsätzlich anders gearbeitet werden wie es an der klassischen Computer üblich war.

### 1.1. Entwicklungstendenzen in Westen und in Ungarn

In Westen waren die verbreitete Konfiguration von CAD Rechner die folgende:

- VAX oder PRIME Rechner (16/32 Bit, 1-4 Mbyte),
- Plattenspeicher (1-2 x 100-300 Mbyte),
- Zeichenmaschine (AO),
- Magnetbände,
- 4-8 Arbeitsplätze,

Die Arbeitsplätze bestehen aus:

- Graphisches Terminal (z.B. TEKTRONIX 4014 (oder 4114))
- Alphanumerischer Bildschirm mit Tastatur,
- Hardcopy Einheit (z.B. TEKTRONIX 4631),
- Digitalisierungstablet (z.B. SUMMAGRAPHICS).

Graphischer Interaktivität ist im allgemeinen durch Fadenkrenz oder Lichtstift gesichert welches es ermöglicht Zeichnungen auf dem Bildschirm graphisch darzustellen.

Das Digitalisierungstablet gestattet, mittels Abtaststift Koordinatenwerte an das System zu übergeben. Gleichfalls können über ein auf dem Tablet definierten Befehls-menü Befehle an das System übertragen werden.

Text-dialoge mit den Rechner ist mittels Tastatur und auf alpha - Bildschirm möglich.

Die Arbeitsplätze haben nur begrenzte lokale Intelligenz, die Hardcopy Einheiten machen - als Arbeitsunterlagen - schnelle Kopien der auf dem Bildschirm dargestellten Zeichnungen (Format A4).

Die grosse Datenmengen sind auf grosse Plattenspeicher und Magnetbände gespeichert. Für 4-8 Arbeitsplätze genügen 1-2 hochpräzise Zeichenmaschinen von Format AO-A1.

In Ungarn war die Entwicklung etwas anders.

Das erste grosse CAD System (ISTER) wurde in 70er Jahre entwickelt. Die Programme (etwa 60000 Befehle) waren in Assembler schreiben. Die Hardware Einheiten waren verschiedene, ohne System - Konzept, nach unsere Möglichkeiten zusammengestellt.

Die nächste Generation von CAD Arbeitsplätze im Ungarn besteht aus dem Rechner Type TPA 11/40 ( 64-256 Kbyte) und graphischer vektor Display GD'80, wo Fadenkrenz und Lichtstift zur Verfügung stehen. Diese Rechner zusammen mit Magnetband und Plattenspeicher Einheiten und mit

Zeichenmaschine bildet einen guten aber ziemlich teuren CAD Arbeitsplatz. Mehrere CAD Systeme wurden auf solchen Arbeitsplatz entwickelt.

Während der Entwicklung wurde eine so genannte CAD-Monitor System für allgemeine CAD Zwecke ausgearbeitet. Über diesen Monitor wird noch detailliert geschrieben.

In den letzten Jahren hat die Entwicklung in Westen die Time-sharing Möglichkeiten mit gute Interaktivität gebunden und neue CAD Arbeitsplätze wurden zu Stande gebracht.

Ein typischer Beispiel ist das APOLLO DOMAIN System wo die Time-sharing durch ein Hochgeschwindigkeit-Netz gesichert ist, und alle Benutzer die eigene interaktive Rechner haben. Diese sind aus von Processor MOTOROLA 68000 aufgebaute 32 bit Minirechner.

Neben die auf Hochleistungsnetz arbeitende APOLLO Rechner erschienen auch die Microrechner CAD Arbeitsplätze, die auch "stand-alone", auch im Netz arbeitsfähig sind, zur Zeit aber nur mit begrenzte Leistungen. (IBM PC XT und AT, die mit 256-640 Kbyte (bis 3 Mbyte bei AT)) Hauptspeicher und mit 10-20-40 Mbyte Winchester Disken und mit Floppys ausgerüstet sind.

## 1.2. Möglichkeiten in Ungarn

Für CAD software Entwicklungszwecke wäre die einfachste Möglichkeit viel zu importieren. Dies geht aber leider nicht, da keine APOLLO oder VAX Rechner nach Ungarn geliefert werden.

So müssen uns auch mit Hardware Entwicklung beschäftigen.

Wir haben schon wesentliche Resultate auf dem Gebiet von Computernetzen. Eine ETHERNET - Arte Hardware-Software System ermöglicht Micro- und Minirechner CAD Systeme auf Netz zu arbeiten.

Die mit IBM PC kompatibel Mikrorechner (PROPER und VTPC) stehen schon zur Verfügung auch in Ungarn, aber nur mit begrenzten graphischen Möglichkeiten.

Das graphische Terminal TEKEMU ist ein Rasterdisplay (1024x780), benutzbar überall wo TEKTRONIX gebraucht wird. Als Software stehen zwei Versionen von GKS (Graphical Kernel System) zur Verfügung: XGKS (unter UNIX) und RGKS (unter RSX), die beiden sind aus "C" und "FORTRAN" erreichbar. TEKEMU (=GD'85) ist viel billiger als das GD'80.

Der GD'85 TEXPRO Terminal mit Format DIN A4 Bildschirm (1024x800) ist für Text- und Zeichnungs-Edition.

Die Entwicklung von einem GKS Terminal ist auch hoffnungsvoll. Hier werden die meisten GKS Funktionen in Hardware realisiert, mit raster-Farbbildschirm (1024x1024).

Diese raster-Display Einheiten (TEKEMU, TEXPRO, GKS Terminal) sollten die graphische Terminale von die im unserem Institut entwick-

elten SUPERMICRO Rechner sein. Der SUPERMICRO ist als 32 bit Rechner mit 1 Mbyte Operativspeicher geplant, die auch auf das Netz unter Betriebssystem Unix arbeiten kann.

Mit den SUPERMICRO und die obengenannten raster-Bildschirme wird in 1986-1988 ein CAD Arbeitsplatz fertig, 'ähnlich wie der APOLLO DOMAIN heute ist.

Parallel mit der SUPERMICRO Entwicklung läuft in Ungarn auch eine VAX-Entwicklung, dass auch in den nächsten Jahren Resultate geben kann.

## 2. Minirechner Monitor-Systeme

Die Untersuchung verschiedener CAD-Systeme zeigt, das die verschiedenen CAD-Systeme neben den unterschiedlichsten Algorithmen für die einzelnen Anwendungen und dem Betriebssystem mehrere gemeinsame Funktionen und Hilfsleistungen benötigen.

Das Monitor-System soll ein allgemeines Programmsystem schaffen mit Hilfe dessen die CAD-Programme schnell und zuverlässig entworfen, implementiert, getestet und gesichert laufen können. Diese Systeme können als Operationssysteme mit einem ganz besonderen Spezialzweck betrachtet werden. In der Fachliteratur nennt man sie CAD-Monitorssysteme. Ein Monitor-System ist ein Programmsystem auf mehreren Hierarchie-Ebenen. Auf niedrigster Ebene befinden sich der Kern des Operationssystems und eine portable (übertragbare) Systemprogrammiersprache. Diese niedrigste Ebene wird auch Monitor genannt [1].

### 2.1. Aufbau des Monitor-Systems

Der allgemeine Aufbau des Monitor-Systems ist in Bild 1. dargestellt.

Aus dem Bild geht hervor, dass sich im Kern eines CAD-Benützersystems das Betriebssystem des Rechners und die Implementierung der übertragbaren Systemprogrammiersprache befindet.

Rund um den Kern des Systems findet man die Programme, die Bestandteile des Monitor-Systems bilden. In der Fachliteratur werden diese auch Meta-CAD-Programme genannt.

Durch Erweiterung der Meta-CAD-Programme mit CAD Programmen erhalten wir das CAD-Anwender-System.

Aus rechen-technischer Sicht bildet das Monitor-System eine Gesamtheit von "Programmtypen", "Datentypen" und "Sprachelementen".

-Die Programmtypen des Monitor-Systems sind

- die Funktionen
- die Tasks und
- die Programme.

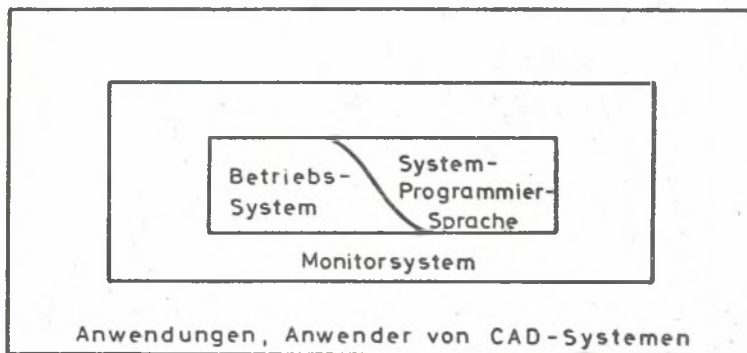


Abb. 1.

Diese sind keine scharf abgegrenzten Klassen, sondern können auch als von Entscheidung des Systemkonstruktors abhängige Kategorien betrachtet werden. Gemeinsam ist in ihnen, dass alle drei die Beschreibung einer Aktion enthalten.

-Es ist sinnvoll eine Aktion als Funktion zu definieren, deren Anwendungsgebiet ziemlich allgemein ist. Die Funktionen des Monitorsystems können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- die Funktionen der Systemprogrammiersprache
- die Funktionen der Programmbibliotheken.

Die Sprachfunktionen laufen im allgemeinen schnell und wirkungsvoll ab, weil sie auch durch den Compiler kontrolliert werden, demnach ist ihre Zuverlässigkeit (hinsichtlich ihres Einbaus in das Programm) sehr hoch. Andererseits ist die Änderung ihrer Definition und ihre Erweiterung viel schwieriger. Die Anzahl der Sprachfunktionen wird auch dadurch begrenzt, dass wir keine Mammutsprache entwickeln wollten, um ihre Handhabung nicht zu schwierig zu machen.

-Es ist sinnvoll, eine solche Aktion als Task zu definieren, die auch eine selbständige Benutzeraufgabe erfüllen kann.

-Als Programm wird eine Task bezeichnet, welche unmittelbar, direkt von Operator, d.h. von Monitor aktiviert wird und nach dem Ablauf die Steuerung und den Monitor zurückgibt.

-Die Datentypen des Monitorsystems unterscheiden sich nicht von den behandelten Daten in Betriebssystemen, so dass sie hier nicht erörtert werden. Es sei nur erwähnt, dass für den Monitor die ablaufenden CAD-Programme und Meta-CAD-Programme letztlich auch als

Daten interpretiert werden.

-Die Sprachmittel des Monitors können in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- die Systemprogrammiersprache selbst und
- die problemorientierten Sprachen sowie die Generatorsprache zur Generierung problemorientierter Sprachen.

Der Zweck der Entwicklung der Systemprogrammiersprache GESAL bestand darin, auch in Kleinrechnerumgebung ein Programmierhilfsmittel von entsprechend hohem Niveau zu sichern. Die Sprache ist so definiert, dass sie die Möglichkeiten der Kleinrechner ausnützt. (Die wichtigste Anforderung gegenüber einer Kleinrechner-Konfiguration ist eine 16 Bit, Byteorganisierte Konfiguration mit mindestens 24 K Worten, und mit Plattenspeicher (cartridge disc)). Die Programmierung mit gutem Wirkungsgrad ist durch das flexible Typendeklarations- und Typenkontrollsystem der Sprache gewährleistet, das die Ausfilterung der einfacheren, offenbaren Kodierungsfehler durch den Programmierer schon im Laufe der Übersetzung ermöglicht.

Die Systemprogrammiersprache GESAL hat einfache und allgemeine syntaktische Regeln und seine Datenstrukturen entsprechen denen der Programmiersprache PASCAL.

Die Programmstrukturen von GESAL sind etwa die gleichen wie die der Programmiersprache ALGOL 68. Alle wichtigen bedingten und zyklischen Anweisungen sind implementiert. Der Compiler der Systemprogrammiersprache GESAL ist selbst in GESAL geschrieben. Er besitzt nur einen kleinen Teil, der rechnerabhängig ist. Dieser Teil ist der Codegenerator. Wenn er auf einen anderen Rechner implementiert ist, kann man dort jedes in GESAL geschriebene Programm laufen lassen.

Als eine grundlegende Anforderung wurde an das Monitorsystem die Forderung gestellt, die Definierbarkeit einer problem-orientierten CAD-Eingabesprache für einen breiten Kreis von Ingenieurproblemen sicherzustellen. Für diesen Zweck wurde das Sprachgeneratorsystem entwickelt. Die Generatorsprache ermöglicht es, in der generierten Sprache Postdefinierungs-, Makro- und steuerungsübertragende Befehle anzubieten.

## 2.2. Anforderungen gegenüber Monitorsysteme

Bei einer starken Vereinfachung der Anforderungen kann man sagen, dass das Monitorsystem den interaktiven Ablauf von Programmen ermöglicht.

Über die Sprachelemente des Monitorsystems wurde schon gesprochen, die anderen Leistungen kann man den folgenden Gruppen zuteilen:

- Peripheriebehandlung auch auf Grundebene
- Ablaufsystem (LOGIN-LOGOUT)

- Geometrische Funktionen
- Datenbasisbehandlung auf logischer Ebene
- Interaktivität und Graphik
- Programmentwicklungsmittel.

Datenbasis wird als eine strukturierte, geordnete Datensammlung betrachtet. Aus struktureller Sicht wird das Datenbasisbehandlungssystem in zwei Teile aufgeteilt:

- Eine besondere Task, der DDL-Compiler beschreibt die Datenbasisstruktur auf Grund einer in DDL- (Data Description Language) Sprache geschriebenen Beschreibung.
- Eine 2. besondere Task besetzt die Datenbasis mit realen Daten durch die Funktionen der DML (Data Manipulation Language).

### 3. CAD-Systeme unter dem Monitorsystem

Unsere Abteilung befasst sich mit der Entwicklung von CAD-Benutzersystemen seit 1975. Einige von diesen Systemen haben zur Entwicklung der Leistungen des Monitorsystems wesentlich beigetragen.

Die folgenden CAD-Systeme sind die wesentlichsten:

- ISTER: Interaktives Presswerkzeugs-Entwurfssystem.
- Interaktives Entwurfssystem für Konstruktion und Technologie von Maschinenwellen
- Graphische Prüfung von NC Steuerlochstreifen
- MINDS: Kleinrechner NC-Entwurfssystem
- Interaktives Eingabe- und Ausgabesystem für Finite-Elemente-Analyse-Programm
- Pre- und Postprocessorsystem für das Werkstück-Beschreibungs- und Modellierungssystem: GEOMAP
- Entwurf von Skulpturartigen Oberflächen
- 2D Zeichensysteme - GRECO.

Einige dieser Systeme werden etwas ausführlicher beschreiben.

#### 3.1. Interaktives Entwurfssystem für Konstruktion und Technologie und Maschinenwellen

Unser Ziel bestand darin, mehrere mit dem Entwurf und der Herstellung von montierten Wellen zusammenhängenden Ingenieurtätigkeiten mit diesem System zu unterstützen. Darum wird es ein integriertes Entwurfssystem genannt, weil nicht nur die Konstruktionsplanung, sondern auch die Übergabe zur Fabrikation und die Planung der Fabrikation mit einem Rechner unterstützt wird.

Aus technischer Sicht ist das System folgendermassen aufgebaut. Mit der Implementierung des Systems wurde auf mehreren Stufen begonnen. Aus den zum Monitorsystem gehörenden Tasks haben wir uns mit dem folgenden beschäftigt:

- Geometrischer Modellbau von drehsymmetrischen Bestandteilen,
- Implementierung der konstruktiven und technologischen Datenbasen,
- Definition der Schnittstellen zwischen den Planungsphasen
- usw.

### 3.2. Graphische Prüfung von NC Steuerlochstreifen

Es sollte klar sein, dass die NC-Maschinen die wichtigsten Anwendungen im CAD/CAM Bereich darstellen. Es gibt aber einige besonders wichtige Probleme: die Hardware von NC-Maschinen, besonders mit Mikroprozessoren, arbeitet heutzutage schon mit hoher Zuverlässigkeit, aber die effektive Benutzung von NC-Maschinen ist die Herstellung von fehlerfreien Steuerstreifen erschwert.

Für Steuerstreifen-Prüfung und -Korrektur gibt es drei verschiedene Ebenen:

- CL-file Überprüfung
- CNC-streifen Überprüfung
- Steuerstreifen Überprüfung

Der Unterschied zwischen diesen Prüfebene ist nur der, dass im 1. und 2. Fall noch eine fehlerfreie Bearbeitung mit einem Postprozessor notwendig ist.

Für die Überprüfung und Korrektur stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die auch gemischt benutzt werden können.

Die modernste Möglichkeit ist die Benutzung von interaktiven Graphischen Displays. In der Fachliteratur findet man schon Programme zur Prüfung und Korrektur mit Hilfe von interaktiven graphischen Bildschirmgeräten.

Unser Prüfsystem wurde in den CSEPEL Werkzeugmaschinen Werken benutzt. Die Eingabe ist ein Teilprogramm in CNC-Sprache. Das Eingabeprogramm muss syntaktisch korrekt sein. Zur Zeit gibt es nur 2,5 dimensionale Werkzeugbahnanzeigen für die Prüfung und noch keine Möglichkeit zur interaktiven Korrektur. Die Ebenen, in welchen die Bahnen angezeigt werden, können die XY, YZ, oder ZX-Ebene sein, wenn es notwendig ist, können alle 3 Ebenen nacheinander ausgewählt werden. Die Werkzeugbahnen werden als Bilder dargestellt. Ein Bild besteht aus der Darstellung der Bahnen eines Werkzeuges in gleichem Abstand von der spezifizierten Ebene. Zwei, oder mehrere, oder alle Bilder können in der gleichen Darstellung überlagert werden.



### 3.3. Entwurf von Skulpturartige Oberflächen

In unserem Institut werden Versuche zum rechnerunterstützten Entwurf von komplizierten doppelgekrümmten Oberflächen angestellt. Die Grundlagen dieses Projekts hat schon in Jahren 1978 und 1979 Professor S. Coons niedergelegt [2]. Er war in den Vereinigten Staaten eine Autorität auf diesem Gebiet.

Als Resultat steht das FFS System heute schon zur Verfügung und ist schon in Csepel Werke für praktische Zwecke (Werkzeugentwurf und Herstellung) benützt.

### 3.4. GRECO - 2D Zeichensystem

Es ist ein nichtinteraktives System um technische Zeichnungen darzustellen die aus Linien und Kreissegmente aufgebaut sind.

Das System arbeitet mit Spracheingabe. Die spezielle Eingabesprache gibt den Maschinenbau-Ingenieur die Möglichkeit, die Zeichnungen über die Sprache zu beschreiben. Zeichenelemente können durch neue Möglichkeiten einfach wiederholt oder Modifiziert werden; Elementen-Archiv, Macro-Bibliothek stehen zur Verfügung usw.

In diesem Sprachsystem können auch arithmetische Befehle (z.B. Addition, Winkelfunktionen) eingegeben werden.

Das Teilprogramm versteht auch die Dimensionen mit Toleranzen wie es auf der Zeichnung dargestellt sind.

Es gibt die weitere Möglichkeit Sprungbefehle zu benutzen, so wird diese Sprache "Benutzer-freundlich". Die Programmteile die sich wiederholen können einfach mit Macrotechnik, mit einem Befehl abgerufen werden. Ähnlicher Weise kann man so genannte Systemmacros definieren und für beliebige Zeichnung abrufen.

## 4. 3D Oberflächenentwurf am Mikrorechner

Dieses Kapitel ist einem CAD-System der neuen Generation gewidmet. Dieses System für den Entwurf von komplizierten 3D Oberflächen arbeitet am Mikrorechner IBM PC XT.

Die so genannte Translationsoberflächen sind viel einfacher zu bearbeiten als die allgemeine 3D Oberflächen, die skulpturartige Oberflächen, trotzdem sind für viele technische Anwendungen die Translationsoberflächen benützlich (z.B. Schmiedegesenke, Giessforme usw.).

Eine Translationsoberfläche kann so abgeleitet werden, dass wir entlang einer Kurve (die Direktrixkurve), kontinuierlich eine andere

Kurve ( die Generatorkurve ) verschieben [3]. Im Laufe der Bewegung beschreibt jeder Punkt der Generatorkurve eine Linie; die Gesamtheit der Punkte dieser Linien bildet die Translationsoberfläche. Diese Oberfläche kann auch so betrachtet werden, als die geometrische Stelle der verschiedenen Positionen der Generatorkurve.

In der gegenwärtigen Variante des Prozessors haben wir für die zwei Kurven und Bewegung folgendes stipuliert:

- 1<sup>o</sup> Die Direktrixkurve , so wie die Generatorkurve sind je eine endliche ebene Kurve ohne Selbstschnitt (Schleife) und ihre Ebenen sind verschieden.
- 2<sup>o</sup> Im Laufe der Bewegung ist der Generatorkurvenplan immer senkrecht zum Direktrixkurvenplan.
- 3<sup>o</sup> Im Laufe der Bewegung ist der Berührungspunkt der Generatorkurve mit der Direktrixkurve, sowie der zu diesem Punkte gehörenden Tangente mit der Direktrixkurvenebene gebildete Winkel konstant. Hat die Generatorkurve im Berührungspunkt keine Tangente, dann betrachten wir eine beliebige Gerade mit einer im Verhältnis zur Generatorkurve fixen Lage und in derselben Ebene.

Schneidet im Laufe der Bewegung die Generatorkurve sich selbst, dann entsteht eine Oberfläche die eine Schnittlinie oder Schnittpunkt mit sich selbst hat durch Zerschneiden der Oberfläche entlang aller solchen Schnittlinien oder Schnittpunkten entstehen mehrere Oberflächen. Wenn es nur eine solche gibt, die die Direktrixkurve enthält, dann betrachten wir diese als definiert, und wenn es mehrere solche gibt, dann keine von ihnen. Im solchen Falle kann man durch die Angabe einer neuen Generatorkurve und Direktrixkurve die Bestimmung der erwünschten Oberfläche erzielen.

Die endliche Oberfläche ist geschlossen , wenn sie keine Grenzlinie hat ( so z.B. die Kugel, der Torus, das einfache Polyeder usw. ) . Die geschlossene Oberfläche teilt den Raum auf zwei Teile und einer von ihnen ist beschränkt, d.h. kann in eine geeignete Kugel eingefasst werden. Dieser beschränkte Raumteil wird das Innere der geschlossenen Oberfläche genannt.

Die Oberfläche mit einer Grenze wird offene oder begrenzte Oberfläche genannt ( wie z.B. das Kugeldreieck, die Halbkugel, je ein endlicher Teil der Rotationsparabeln usw. ) .

Zwecks Deutung bzw. Ausführbarkeit der Mengenoperationen im Kreise der Oberflächen ordnen wir auch jeder Oberfläche eindeutig einen Raumbereich zu, den wir das Innere der begrenzten Oberfläche nennen werden. Z.B. wird unter dem Planinneren jener unendlicher Halbraum verstanden, nach welchem der Normalvektor der Ebene weist. Im Laufe der Ableitung der offenen Translationsoberflächen wird immer erklärt, was unter ihrem Innern verstanden wird.

Abhängig vom Typ der Direktrixkurve und Generatorkurve - d.h. von ihrer geschlossenen oder offenen Beschaffenheit - können Translationsoberflächen von folgenden Typen zustandekommen.

- 1 Im Falle von einer geschlossenen Direktrixkurve und einer geschlossenen Generator entsteht eine geschlossene Oberfläche (Bild 2).
- 2 Im Falle von einer offenen Direktrixkurve und einer geschlossenen Generatorkurve ist die entstandene Oberfläche offen (Bild 3) und ihre Innere wird von der Gesamtheit aller Punkte gebildet, die die inneren Punkte der durch die Generatorkurve begrenzten ebenen Figur im Laufe der Bewegung berühren.
- 3 Eine offene Oberfläche entsteht im Falle von einer offenen Direktrixkurve und einer solchen offenen Generatorkurve, die, wenn man ihre Endpunkte mit einem Verbindungsabschnitt ergänzt, eine selbstschnittslose geschlossene ebene Figur bildet (Bild 4). Das Innere der entstehenden Oberfläche wird durch die Gesamtheit jener räumlichen Punkte gebildet, die diese geschlossene ebene Figur im Laufe der Bewegung reibt.
- 4 Im Falle von einer geschlossenen Direktrixkurve und einer offenen Generatorkurve wird die entstehende Oberfläche von der Bahn der Endpunkte der Generatorkurve abhängig geschlossen oder offen sein. Die Oberfläche wird geschlossen sein, wenn die durch beide Endpunkte der Generatorkurve gemachte Bahn zu einem Punkte zusammenschumpft (Bild. 5). Die Oberfläche wird offen sein, wenn mindestens eine der durch die Endpunkte der Generatorkurve gemachten Bahnen eine echte ebene Figur abgrenzt (Bilder 6.a und 6.b). Durch Ergänzung der Oberfläche erhalten wir mit einer oder zwei fallweise entstehenden echten ebenen Figuren eine geschlossene Oberfläche, deren Innere auch das Innere der ursprünglichen offenen Oberfläche bildet.

Die mit Hilfe der Mengenoperationen (Bildung von Vereinigung, Schnitt und Differenz) aus den Translationsoberflächen und Planen herstellbaren Oberflächen werden zusammengesetzte Oberflächen genannt. Die Mengenoperationen werden im Inneren der Oberflächen, als Teilmengen des dreidimensionalen euklidischen Raums ausgeführt. Das Ergebnis der Operationen wird die die entstandene Punktmenge begrenzende Oberfläche sein.

So kann man das System der Oberflächen sehr umfassend und einheitlich beschreiben. (Es ist z.B. leicht ersichtlich, dass die Klasse Translationsoberflächen auch die Rotationsoberflächen umfasst).

Auch die lineare Transformation der Oberflächen, d.h. Verschiebung mit einem beliebigen Vektor und Drehung mit einem beliebigen Winkel ist erlaubt. Der Typ (geschlossen, offen) der transformierten Oberfläche ist dem Typ der ursprünglichen Oberfläche gleichstimmig. Ebenso wie das Innere der transformierten Oberfläche mit der transformierten des Inneren der ursprünglichen Oberfläche stimmt.

Im unseren System wird die Geometrie des Teils - so des Rohlings, wie des Fertigteils - mit  $1^{\circ}$  -  $3^{\circ}$  Bedingungen befriedigenden Translationsoberfläche und ihrem Zusammensetzen (Bildung von Vereinigung

Schnitt und Differenz ) beschrieben. Im Interesse der Vereinfachung dieser Beschreibung können die öfter vorkommenden Oberflächentypen ( z.B. Kugel, Kegel, Zylinder ) einfacher - mit ihrer Benennung und Parametern angegeben und ihre innere Repräsentation erfolgen, aber auch dann durch ihre Direktrixkurve und Generatorkurve.

In jedem Bestandteilprogramm kann ein einzelner Rohling und ein einzelner Fertigteil angegeben und angenommen werden, dass im Falle aller, im Teilprogramm figurierenden Translationsoberflächen der Ebene der Direktrixkurve zu einer Ebene mit festgelegter Lage parallel oder senkrecht ist und auch die Bearbeitung in Ebenen parallel zu dieser festgelegte Ebene erfolgt, so dass die Welle zur Ebene der Bahn ( d.h. der Bearbeitung ) senkrecht ist.

Die Berechnung der Werkzeugbahnen die zur Bearbeitung von mit solchen Oberflächen beschriebenen Teilen erforderlich sind, beruht auf folgenden Tatsachen. Der zur Direktrixkurvenebene paralleler ebener Schnitt einer Translationsoberfläche entsteht durch eine äquidistante Verschiebung von der Direktrixkurve. Äquidistant verschoben von der Direktrixkurve ist auch die konturfolgende Werkzeugbahn.

Der ebene Schnitt der Vereinigung ( Schnitt, Differenz ) von zwei Translationsoberflächen stimmt mit der Vereinigung ( Schnitt, Differenz ) von ebenen Schnitten.

Auf Grund dieser Thesen wird die Programmierung der Bearbeitung der mit Translationsoberflächen beschreibbaren Teile durch einen Modul der technologischen Sektion des Systems vorgenommen. Die Bahn des Bezugspunktes des Werkzeugs wird durch den Modul mit der Benützung folgender Daten , die im Teilprogramm angegeben werden können , berechnet:

- Werkzeugparameter,
- Drehzahl, Vorschub, Schnitttiefe,
- Mass der Oberflächenzugabe,
- Type der Bearbeitung,
- Richtung der Zickzackbewegung usw.

## 5. Zusammenfassung

Unser Referat befasst sich mit einige Resultate und Tendenzen der Vorschung im CAD Gebiet in der Institut für Rechentechnik und Automatisierung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften.

Zunächst werden die Entwicklungstendenzen der CAD-Software und Hardware im Ausland und im Ungarn angeführt.

Ein CAD Monitor System und einige Anwendungsbeispiele für das Rechner TPA 11/40 - GD'80 sind in Einzelheiten diskutiert.

Das lätzte Teil beschäftigt sich mit einem Micro-Rechner CAD System welches den geometrischen und technologischen Entwurf von Translations-

v: Direktrixkurve

a: Generatorkurve

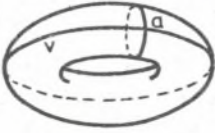


Abb. 2.

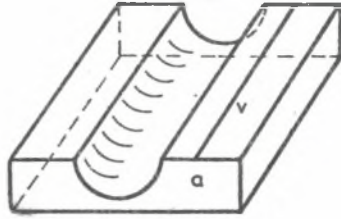


Abb. 3.

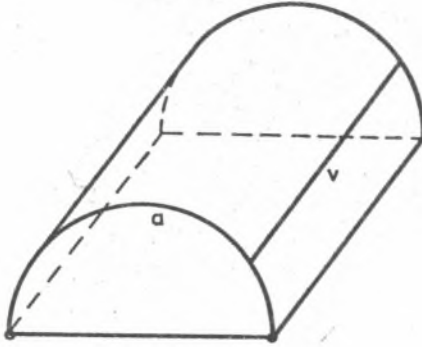


Abb. 4.

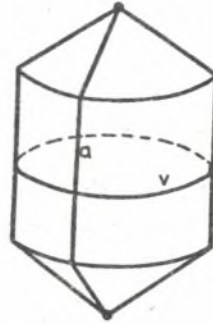


Abb. 5.

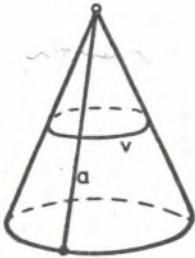


Abb. 6.a

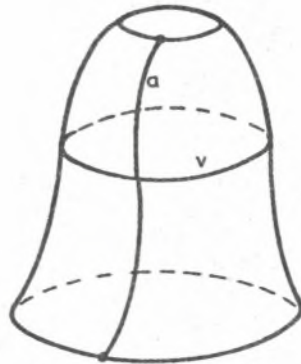


Abb. 6.b

oberflächen unterstützt. Die Translationsoberflächen sind komplizierte 3D Oberflächen.

#### LITERATUR

- [1] G.Kovács, Turai I. : The Development of Interactive, Turn-Key Design Systems, PROLAMAT'82, Leningrad, 16-18 May, 1982 .
- [2] Renner G.: Geometrical Description of Sculptured Surfaces, PROLAMAT'82, Leningrad, 16-18 May, 1982 .
- [3] Fenyves F., Licskó I., Kovács G. : Translation-Surfaces in the 3D Subsystem of the COMECON NC Programming System, ICAD'83 , København, 15-18 August, 1983 .

#### MICRO- AND MINI-COMPUTER CAD SYSTEMS

##### S u m m a r y

The first part of this paper gives a short account on the development of CAD-software and -hardware world-wide and in Hungary. Then some results of CAD research in the Computer and Automation Institute of the Hungarian Academy of Sciences are discussed including a CAD-Monitor system and some of its applications. Finally a microcomputer based CAD system is presented for 3D surface design. The system supports the geometrical and technological design of the so called translational surfaces.

#### SYSTEMY CAD MINI I MIKROKOMPUTEROWE

##### S t r e s z c z e n i e

Referat przedstawia tendencje rozwoju systemów CAD na Węgrzech i w innych krajach. Omówiony został system monitorowy jak również system mikrokomputerowy wspomagający projektowanie układów przestrzennych.