

**XI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA TEORII MASZYN
I MECHANIZMÓW****11th POLISH CONFERENCE ON THE THEORY OF MACHINES
AND MECHANISMS**

27—30. 04. 1987 ZAKOPANE

Günter HÖHNE

Technische Hochschule Ilmenau, Sektion Gerätetechnik

ANWENDUNG VON CAD IN DER FEINGERÄTETECHNIK

Zusammenfassung. Die Anwendung von CAD in der Präzisionsgerätetechnik muss die spezifischen Eigenschaften dieser Produkte berücksichtigen. Die Anforderungen an die Entwicklung und Anwendung des Rechnerunterstützten Konstruierens für dieses Gebiet werden formuliert.

Der Beitrag stellt für den konstruktiven Entwicklungsprozess ein Bausteinkonzept vor, das CAD-Teilsysteme für die Prinzipientwicklung, für optische, mechanische, elektrische, Antriebs- und Gestell-Baugruppen sowie für die Steuersoftware enthält.

Am Beispiel einiger Programme wird die Realisierung des vorgeschlagen Systems gezeigt.

1. Anforderungen an CAD in der Feingerätetechnik

Die Anwendung der Rechentechnik in den verschiedenen Bereichen der Industrie kann zahlreiche gemeinsame Merkmale technischer Produkte nutzen, so dass Hardware und Grundsoftware weitgehend übertragbar sind. Die Konzepte von CAD-Systemen des Maschinenbaus, der Elektrotechnik, des Anlagenbaus, des Bauwesens und auch der Gerätetechnik besitzen die in Bild 1 dargestellte Struktur [1], [2], [4]. Die Software solcher Systeme ist in Schichten hierarchisch aufgebaut, so dass bei der Erarbeitung von CAD-Programmen die für verschiedene Konstruktionsaufgaben erforderlichen Routinen als Programmbausteine universell nutzbar sind (Bild 2).

Trotz der Bemühungen, objektunabhängige und übertragbare Lösungen zu schaffen, resultieren aus der Struktur der Erzeugnisse und den Anforderungen an deren Entwicklung für jeden Industriezweig spezifische Bedingungen für Aufbau und Anwendung von CAD-Systemen.

Bei Entwurf und Konstruktion von Präzisionsgeräten sind die folgenden Bedingungen zu beachten:

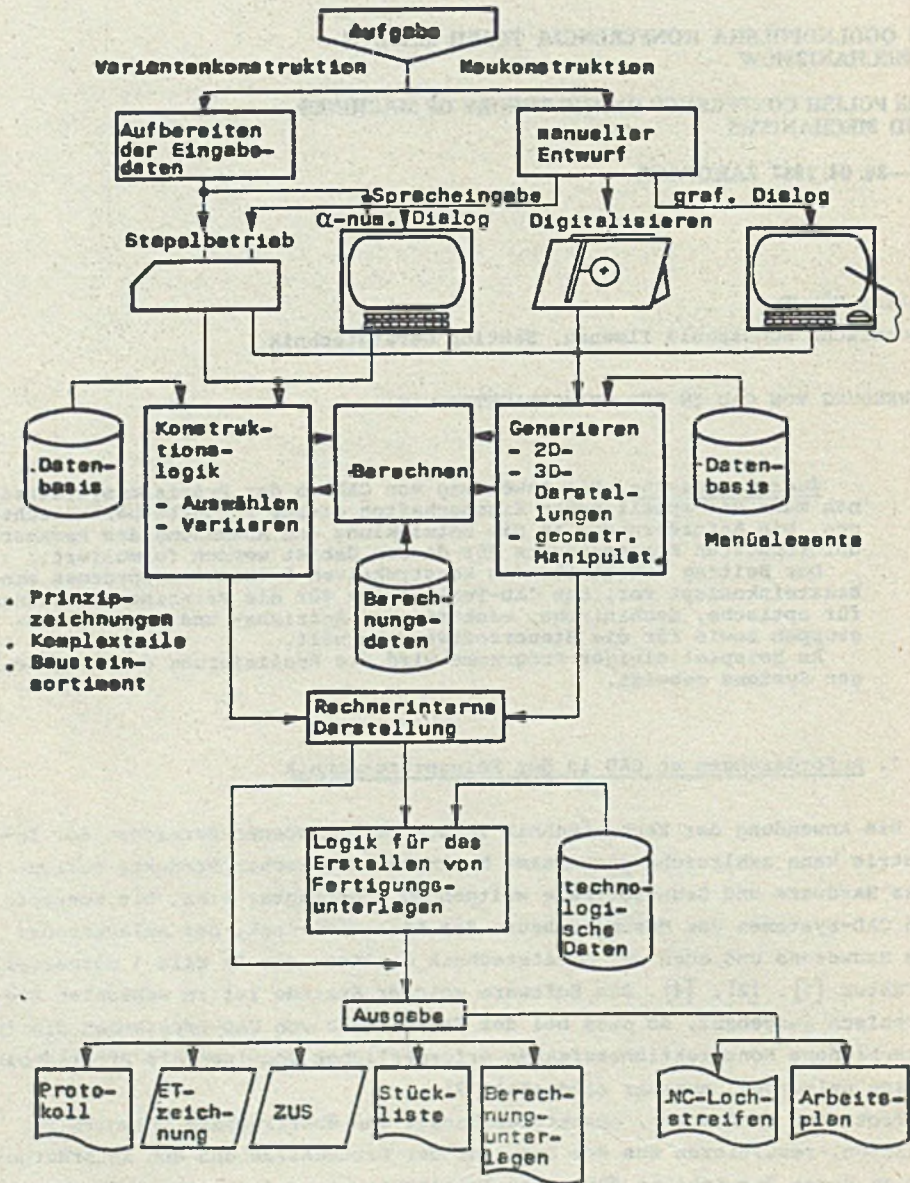


Bild 1

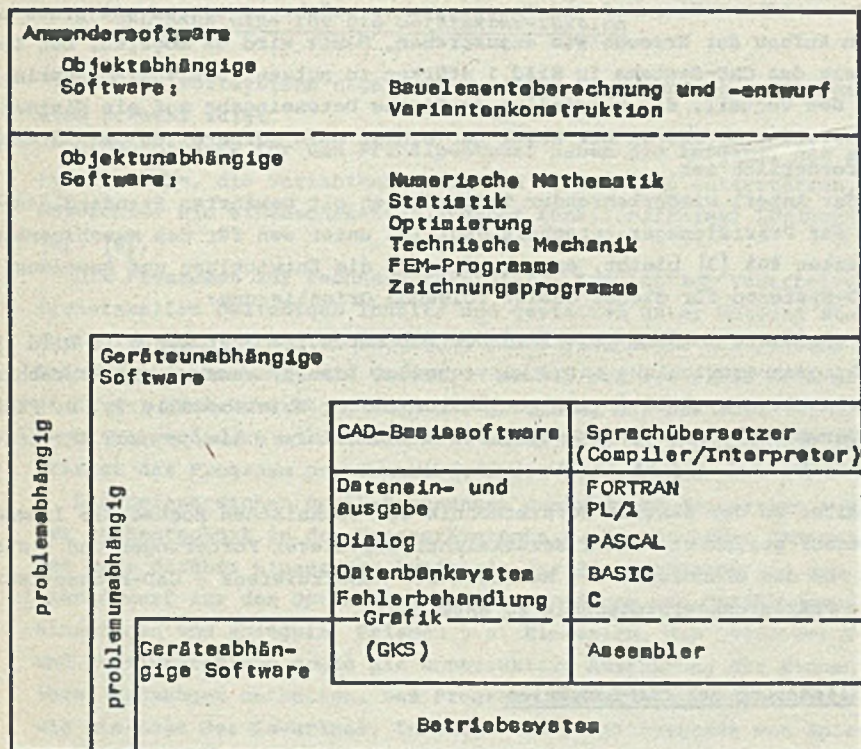


Bild 2

- Anwendung und Integration von Elementen unterschiedlicher physikalischer Bereiche in einem Gerät (mechanische, optische, elektronische, elektromechanische, optoelektronische Bauelemente),
- Ausnutzen der Prinzipien bis zu ihrer physikalischen Grenze,
- schnelle Innovation der technischen Lösungen
(Ablösen mechanischer durch elektronische Prinzipien, elektronischer durch optische, analoger durch digitale, Hardware durch Software),
- Automatisierung zahlreicher geräteinterner Funktionen,
- Erreichen hoher Präzision durch spezielle Strukturierung der Erzeugnisse (Funktionenintegration oder -trennung, fehlerarme Anordnungen unter Nutzung von Invarianz und Innozenz, Justierung u.a.),
- grosse Vielfalt der konstruktiven Ausführungen und Werkstoffe,
- grosse Vielfalt der technologischen Verfahren.

Diese Übersicht macht deutlich, dass bewährte CAD-Verfahren, wie die Variantenkonstruktion, die Katalogprojektierung sowie standardisierte Berechnungsverfahren nur begrenzt in der Präzisionsgerätetechnik anwendbar sind. Aus dieser Situation folgt für die Geräteentwicklung die Forderung,

wiederverwendbare Elemente und Baugruppen verstärkt zu nutzen und einen modularen Aufbau der Erzeugnisse anzustreben. Damit wird es möglich, den linken Zweig des CAD-Systems in Bild 1 stärker zu nutzen. Das Variantenprinzip bietet den Vorteil, die aufwendige grafische Dateneingabe auf ein Minimum zu reduzieren, da sie in der Regel nur einmal beim Aufbereiten der Datenbasis erforderlich ist.

Da der Anteil wiederkehrender Teilaufgaben mit bewährten Standardlösungen in der Präzisionsgeratetechnik deutlich unter den für den Maschinenbau geschätzten 40% [3] bleibt, ergibt sich für die Entwicklung und Anwendung von CAD-Systemen für dieses Gebiet folgende Orientierung:

1. Verstärkte Nutzung generierender Verfahren (rechter Zweig in Bild 1).
2. Programmentwicklung unter weitgehender Inanspruchnahme objektunabhängiger Grundsoftware (Bild 2) und gut übertragbarer Objektmodelle (z. B. FEM).
3. Verwenden variabel verknüpfbarer CAD-Bausteine, die je nach Entwicklungsaufgabe und -objekt zur Anwendung kommen.

Arbeiter an der Sektion Gerätetechnik der Technischen Hochschule Ilmenau sind darauf gerichtet, unter Berücksichtigung dieser Forderungen und - ausgehend von den Grundlagen der Methodik des Konstruierens - CAD-Fachsoftware für die Präzisionsgeratetechnik zu entwickeln.

2. Gliederung der CAD-Bausteine

Der prinzipielle Ablauf des konstruktiven Entwicklungsprozesses und die typische Struktur der Erzeugnisse der Präzisionsgeratetechnik führen zu dem in Bild 3 dargestellten Konzept.

Dabei wurde berücksichtigt, dass die Prinzipphase an Bedeutung gewinnt. Mit der Entwicklung der Mikroelektronik bestehen bei der Aufteilung der Gerätefunktion auf die verschiedenen physikalischen Träger wesentlich erweiterte Möglichkeiten. Die Lösungsvielfalt übersteigt rasch die vom Bearbeiterkollektiv überschaubare Lösungsmenge. Andererseits ist ein einheitliches Gesamtprinzip für das Erzeugnis erforderlich, bevor man es in Baugruppen gliedert und Spezialisten zur Bearbeitung übergibt. Die Entscheidungen in dieser Phase verlangen Vorgriffe auf Realisierungsmöglichkeiten und sind durch eine hohe Unsicherheit belastet. Das bisher übliche manuelle systematische Ermitteln von Prinzipien soll rechnerunterstützt erfolgen.

Die relativ separat entwickelten Baugruppen müssen schliesslich zu einem einheitlichen Gesamtgerät führen, wofür der Konstrukteur vor allem durch den Entwurf des Gestells oder Gefässes zu sorgen hat. Die ständig notwendigen Abstimmungen dürfen durch CAD-Programme nicht behindert werden.

3. CAD-Bausteine für die Gerätekonstruktion

Für die Teilsysteme nach Bild 3 liegen Lösungen vor, von denen Tabel 1 eine Auswahl zeigt.

CAD-Programme für den Prinzipientwurf haben die Aufgabe, die aufwendige Prinzipsuche, die Variantenbildung und -auswahl zu unterstützen, um dem Entwickler ein eingeschränktes Angebot funktionsfähiger Lösungen anzubieten [5], [6].

Die Programme zur rechnerunterstützten Kombination verarbeiten Kombinationstabellen beliebigen Inhalts und gestatten unter Nutzung statistischer Verfahren nach manueller Bewertung einer Stichprobe die Auswahl günstiger Prinzipvarianten. Mittels Variation erhält man aus einer Anfangslösung (Bild 4a) neue Varianten, wenn die Anordnung der Elemente (z. B. durch Drehung) verändert wird (Bild 4b). Durch Prüfung von Koppelbedingungen erzeugt das Programm nur funktionsfähige Strukturen.

Die umfangreichen Optik-Rechnungen gehörten zu den ersten Anwendungen der Rechentechnik in der Feingerätetechnik. Der Baustein CAD-Optik-Baugruppen muss darüber hinaus das Ermitteln der Eingangsdaten aus dem Gerätegesamtentwurf für den Optikrechner, die Anordnung von Optikbaugruppen unter Hinzufügen von Spiegeln, Prismen u.a. Elementen, das Lösen der Toleranz- und Justierprobleme sowie die konstruktive Ausführung der Elemente und ihrer Fassungen enthalten. Das Programm ILSP liefert dafür wichtige Daten, wie die Lage der Invarianz, Innozenz und Sensitivachsen von Spiegelsystemen, Empfindlichkeiten und Toleranzen für Priesmen [7].

Mechanische Baugruppen sind mittels CAD als Bewegungssysteme und als Träger des Gesamtaufbaus zu entwerfen und zu berechnen. Für Mechanismen und Konstruktionselemente sind bereits zahlreiche CAD-Programme im Einsatz. Ihre Weiterentwicklung orientiert sich besonders auf die Simulation des Verhaltens dieser Elemente unter den Bedingungen der Präzisionsmechanik und die Optimierung ihrer Parameter. Die in Tafel 1 genannten Programme dienen diesem Ziel.

Die Tendenzen der Dezentralisierung und des modularen Aufbaus von Antriebsbaugruppen kommen dem rechnerunterstützten Entwurf entgegen, so dass für CAD feingerätetechnischer Antriebe günstige Bedingungen entstehen. Bild 5 zeigt einen Topfmagneten, der noch nach dem Prinzip der Variantenkonstruktion mit Hilfe des Programms MAGDIM entworfen wurde [8].

Während im elektronischen Gerätebau komplette CAD/CAM-Systeme für Leiterplatten vorliegen, steht die Softwaretechnologie noch am Anfang ihrer Entwicklung. Das Teilsystem CAD-Steuersoftware (Bild 3) sollte, ausgehend von Standardfunktionen (Antriebssteuerung, Sensordatenaufbereitung, Bildverarbeitung, Fehlermeldung u.a.), Programmwurf, -testung und Implementierung unterstützen. Der Konstrukteur ist Auftraggeber und Nutzer dieser Software.

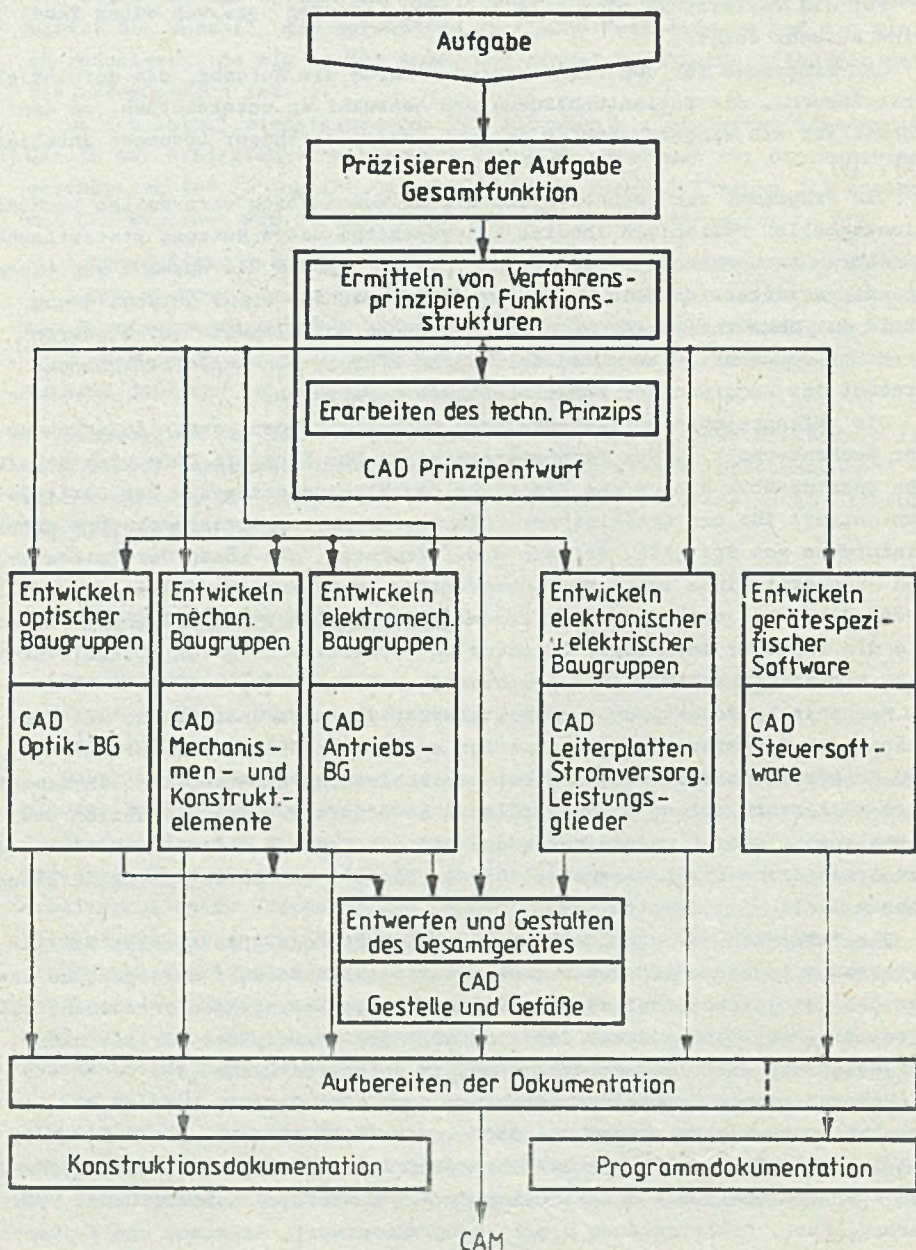


Bild 3

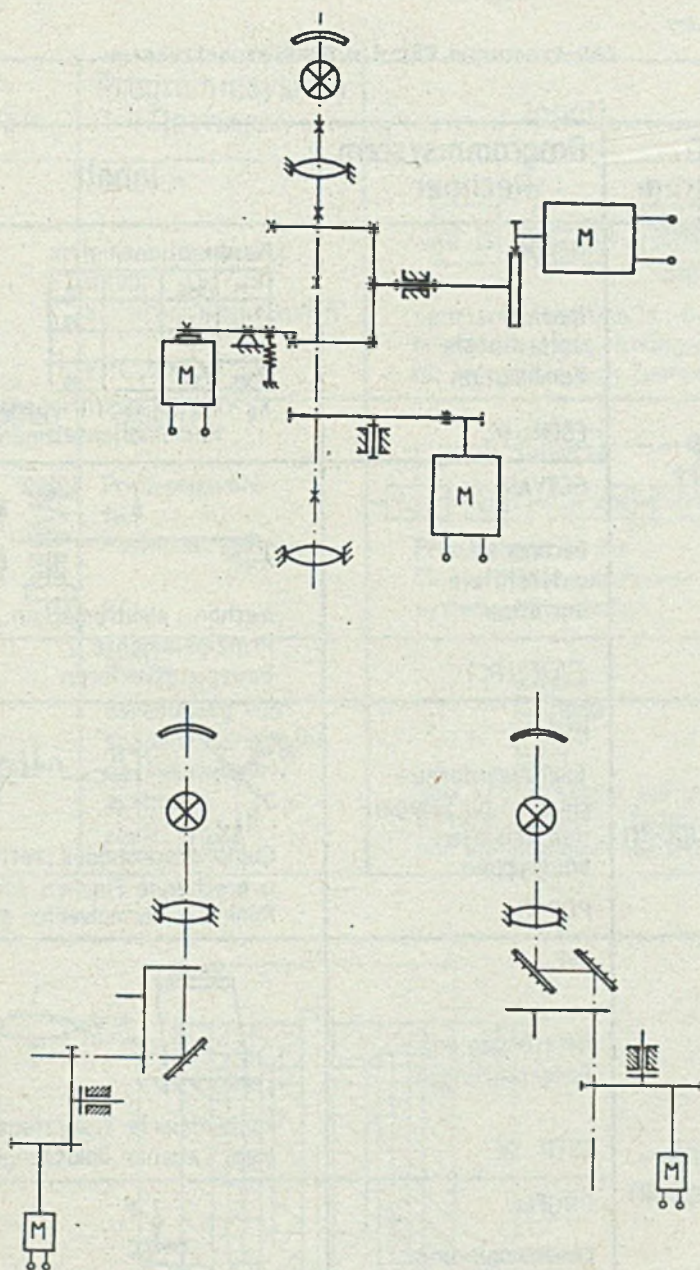
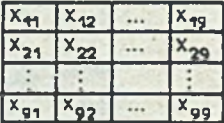

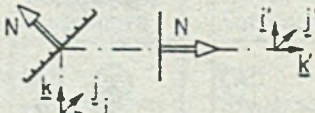
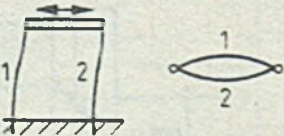

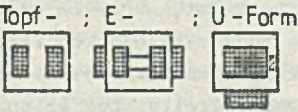
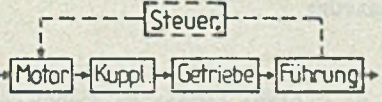



Bild 4

CAD-Programme für die Gerätekonstruktion

CAD- Teilsystem	Programmsystem Rechner	Inhalt
Prinzip- entwurf	REKOM Rechner - unterstützte Kombination ESER, PC	Kombinationsmatrix  x_{ij} - verbal beschriebenes Kombinationselement
	GETVAR Rechner - unterstützte Variation ESER, (PC)	 mechan., elektromechan., opt. Prinzipielemente, Bewegungsvektoren
Optik - Baugruppen	ILSP Toleranzuntersu- chungen an Spiegel- und Prismen- baugruppen PDP 11	 Quaternionenmodell, reflekt. u. brechende Flächen durch Punkte u. Normalvektor dargest.
Mechanik- Baugruppen	BFF 1 Berechnung von Federführungen ESER, PC	 konzentrierte Ersatzfeder- elem., ebener Belastungsfall
	DRUFED Dimensionierung und Optimierung von Druckfedern PC	 statische Belastung

cd. tab. 1

CAD- Teilsystem	Programmsystem Rechner	Inhalt
Antriebs- Baugruppen	MAGDIM Dimensionierung von Gleichstrommagneten PC, AKT	 <p>normierte Hauptmaße, Dimensionierungsgleichungen für den stationären Zustand</p>
	PROPOSY Prinzipauswahl für Positioniersysteme PC	 <p>Prinzipielemente für Einkoordinatenpositioniersysteme (Translation)</p>
Gestell- Baugruppen	BEKOS Berechnung von Koppelschwingungen an Mehrkörper- systemen ESER, (MC80)	 <p>max. 10 Starrkörper mit je 6 Freiheitsgraden, Feder- und Dämpfungselementen</p>

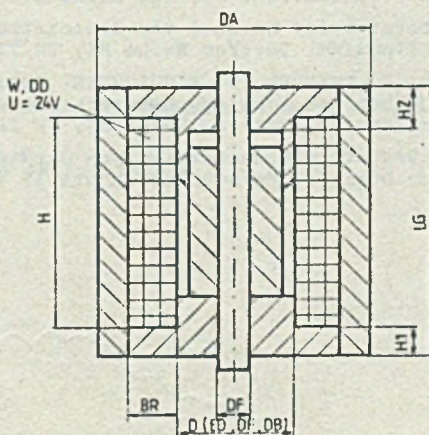


Bild 5

Mit steigender Präzision erhöhen sich die Anforderungen an die Gestelle und Gefässe der Geräte. Das bisher nur wenig beachtete dynamische Verhalten dieser Bauteile hat Einfluss auf die Funktion. Hohe Steifigkeit und grosse Eigenfrequenzen erfordern konstruktive Massnahmen, die mittels FEM-Programmen oder auch mit anderen Lösungen, wie das Programm BEKOS, überprüft und zielgerichtet unterstützt werden können [10], [11].

Die Verknüpfung der entwickelten CAD-Programme bei komplexen Aufgaben erfolgt gegenwärtig durch manuelle Entwicklungsarbeit. Die nächste Entwicklungsstufe sieht eine einheitliche Datenbasis vor, auf welche die Problemprogramme zugreifen und welche den Anschluss zu CAM-Systemen herstellt.

LITERATURA

- [1] H. AURICH, FRANZ, S. SCHÖNFELD: Rechnerunterstütztes Konstruieren. Leipzig, Fachbuchverlag 1984.
- [2] G. SPUR, F.L. KRAUSE: CAD-Technik, München/Wien. Carl Hanser Verlag 1984.
- [3] VDI-Berichte 565, Voraussetzungen und Konsequenzen erfolgreichen CAD/CAM-Einsatzes. Düsseldorf: VDI-Verlag 1985.
- [4] G. HÖHNE: Rechnereinsatz in der Gerätekonstruktion. Feingerätetechnik 33 (1984) 11, S. 483.
- [5] G. CHILIAN: Rechnerunterstützte Prinzipsynthese mittels Kombination und Variation. Internationales Wiss. Kolloquium, Vortrag Reihe B1, TH Ilmenau 1986.
- [6] G. BÖGELSACK, G. HÖHNE, E. SCHÖNE, R. UMBREIT: Rechnerunterstützte Variantenentwicklung von Roboterbaugruppen. Feingerätetechnik 35 (1986) 3 S. 99.
- [7] A. BOCHNIA, H. BRATEK, Th. HEIDERICH: Rechnerunterstützte Lösung von Justier- und Toleranzaufgaben bei der Konstruktion optischer Geräte. Internationales Wiss. Kolloquium, Vortrag Reihe B1, TH Ilmenau 1986.
- [8] R. EICK: Rechnerunterstützter Entwurf von Gleichstrommagneten. Internationales Wiss. Kolloquium, Vortrag Reihe B1, TH Ilmenau 1986.
- [9] E. JUST, Th. SANGER, I. TRIEBEL, P. SCHULTHEIS: Erfahrungen mit dem Programmsystem BEKOS bei der Schwingungsberechnung von Geräten. Internationales Wiss. Kolloquium, Vortrag Reihe B1, TH Ilmenau 1986.
- [10] W. PECH: Rechnerunterstützte Konstruktion von Gerätegestellen unter Berücksichtigung der Dynamik. Feingerätetechnik 35 (1985) 1, S. 18.

ZASTOSOWANIE CAD W TECHNICE KONSTRUKCJI PRECYZYJNYCH

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

W zastosowaniu CAD w Inżynierii Precyzyjnej powinno się brać pod uwagę specyficzne własności produktów. Dziedzina ta zajmuje się również wymaganiami dla rozwoju i zastosowania projektów komputerowych.

Jeśli chodzi o proces projektowania praca ta przedstawia koncepcję modułu CAD, który zawiera podsystem CAD odkrywający reguły dla optycznego, mechanicznego, pojazdowego, elektrycznego i ramowego a także kontrolującego oprogramowania. Realizacja proponowanego systemu jest przedstawiona na przykładach programu.

THE USE OF CAD IN THE PRECISION ENGINEERING

S u m m a r y

The application of CAD in Precision Engineering must also take into consideration the specific properties of these products. The requirements of development and application of computer aided design are dealt with in this field.

For the design process the paper presents a module conception of CAD, which includes CAD-sub-systems for discovering principle for optical, mechanical, drive, electrical and frame units as well as for controll software. With every example of the program the realization of the proposed system is shown.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Wojciech Cholewa

Wpłynęło do redakcji 18.XII.1986 r.