

# CAD auf Personal Computern

Rainer Koch, Ratingen

**Mit der gestiegenen Rechnerleistung hat sich der Einsatzbereich der PCs, ausgehend von den kommerziellen Anwendungen, auf datenverarbeitungstechnisch aufwendigere Bereiche ausgedehnt. Immer mehr tritt dabei CAD auf dem PC in den Vordergrund. Dadurch wird die CAD-Technologie auch für kleine und mittlere Unternehmen interessant.**

Computer unterstützen in immer stärkerem Maße Planungs- und Steuerungsaufgaben im Rahmen des Produktionsprozesses. Neben der direkten Unterstützung von Einzeltätigkeiten und unmittelbar zusammenhängenden Tätigkeitsabläufen wird zunehmend angestrebt, über die eingesetzten Datenverarbeitungssysteme eine redundanzfreie Integration der Datenflüsse während des Produktionsprozesses zu erreichen. Der Aufbau solcher CIM-Systeme zwingt einerseits zur Kopplung unterschiedlicher, häufig bereits vorhandener Einzelsysteme zur Zeichnungserstellung, Stücklistenverarbeitung, NC-Programmierung usw. Andererseits setzt ein solches CIM-System auch umfangreiche EDV-Ausstattung in den beteiligten Betriebsbereichen voraus. Hier zeichnet sich nun eine deutliche Verschiebung von den „klassischen“ Mainframe- oder Supermini-EDV-Systemen hin zu Personal Computern ab. Ursache dafür ist, daß die PCs bei deutlich geringeren Investitionsvolumina und gleichzeitig gesteigener Rechnerleistung technisch und wirtschaftlich interessante Alternativen darstellen. Immer mehr tritt dabei auch das rechnerunterstützte Konstruieren in den Vordergrund, das ursprünglich nur Großrechneranlagen vorbehalten war. CAD auf Mikrocomputern bedeutet dabei wesentlich mehr als Zeichnen oder komfortable Busi-

## Der Autor

Dr.-Ing. Rainer Koch (Jahrgang 1953) studierte Maschinenbau an der Ruhr-Universität Bochum, promovierte 1985 am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Laboratoriums für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen und wurde im gleichen Jahr Mitarbeiter der rhv Softwaretechnik GmbH, Düsseldorf. Seit Anfang dieses Jahres ist er stellvertretender Abteilungsleiter Automationstechnik der rhv Software-Projekte GmbH in Ratingen.

nessgraphik. Die für Personal Computer verfügbare CAD-Software kann nach dem heutigen Stand bereits einen erheblichen Teil der Aufgaben erfüllen, für die CAD-Systeme tatsächlich eingesetzt werden.

## Randbedingungen des CAD-Einsatzes

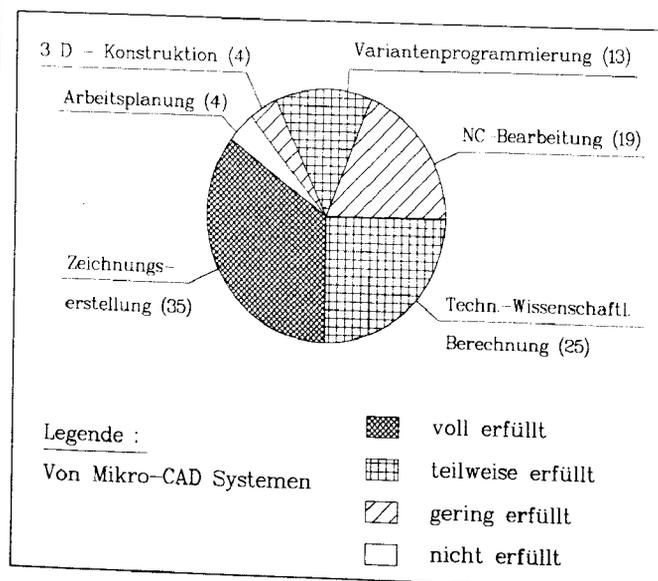
Bild 1 basiert auf einer Untersuchung der Einsatzgebiete von CAD-Systemen, die von Knight Wendling durchgeführt wurde. Wenngleich diese Analyse ca. 3 Jahre zurückliegt, ist davon auszugehen, daß eine Erhebung zum heutigen Zeitpunkt ein ähnliches Bild ergibt. Zwar sind mittlerweile vielfältige Anwendungen von 3D-Systemen in Bereichen wie der Automobilindustrie und der Zuliefererindustrie eingeführt, gleichzeitig ist aber auch die Zahl der für die Zeichnungserstellung eingesetzten Systeme erheblich gestiegen – nicht zuletzt wegen der starken Verbreitung von PC-CAD-Systemen. Auch heute wird vielfach die Ansicht vertreten, daß für ca. 95 Prozent aller Aufgaben 2D-CAD-Systeme ausreichen. Diese Tendenz ist auch in der Untersuchung erkennbar (35 Prozent Anwendungen im Bereich Zeichnungserstellung, nur 4 Prozent im Bereich 3D-Konstruktion).

Dabei ist festzustellen, daß das Haupteinsatzgebiet – die Zeichnungserstellung – mit den verfügbaren PC-CAD-Systemen nahezu voll abzudecken ist. Die Anforderungen aus zwei weiteren wichtigen Bereichen, nämlich der technisch-wissenschaftlichen Berechnung und der Variantenprogrammierung, können derzeit als teilweise erfüllt angesehen werden. So existiert zwar für aufwendige technisch-wissenschaftliche Berechnungen, wie z. B. FEM-Berechnung, derzeit schon ein ge-

wisses Angebot an Software, die auch auf Personal Computer einsetzbar ist. Naturgemäß limitiert die Rechnerleistung der Personal Computer dabei die Komplexität der berechenbaren Modelle.

Für die Variantenprogrammierung existieren mittlerweile recht interessante und leistungsfähige Softwarepakete, die ständig weiterentwickelt werden. Es ist deshalb anzunehmen, daß auch für diesen Sektor kurzfristig die gestellten Anforderungen in nahezu vollem Umfang erfüllt werden. Ferner läßt Bild 1 erkennen, daß auch weitere wesentliche Aspekte, die Bestandteile eines CIM-Systems sind, weiterentwickelt werden. Zu nennen sind hier Softwarepakete für die 3D-Konstruktion, für die Arbeitsplanung und die NC-Programmierung. Speziell diese, anderen Groß-CAD-Systemen vergleichbaren Ausbaumöglichkeiten, sind von Bedeutung, wenn die Entscheidungen über die Einführung von CAD bzw. für oder gegen CAD auf Personal Computer diskutiert werden.

Bei diesen Diskussionen gelten für Mikro-CAD-Systeme im Prinzip die gleichen Überlegungen und Vorgehensweisen wie für andere CAD-Systeme. Häufig empfiehlt sich hierbei jedoch statt einer detaillierten Systemauswahl und Einführungsplanung eine mehr pragmatisch orientierte Vorgehensweise. Wegen des geringen Investitionsbedarfs für CAD-Systeme auf Personal Computer-Basis ist es dabei häufig möglich, einen Teil der für die Einsatzplanung und Voruntersuchungen vorgesehenen Finanzmittel in ein sog. Prototyping zu investieren. Dies bedeutet, daß ein CAD-System im eigenen Betrieb für die ausgewählten Bereiche und Anwendungen eingesetzt wird, um so ein klares Bild von den Möglichkeiten und Beschrän-



**Bild 1. Leistungsspektrum von CAD-Systemen auf PC-Basis. Das Haupteinsatzgebiet, die Zeichnungserstellung, ist mit den verfügbaren PC-CAD-Systemen nahezu voll abzudecken. Die Rechnerleistung der PCs limitiert die Komplexität der berechenbaren Modelle bei aufwendigen technisch-wissenschaftlichen Berechnungen.**

kungen des CAD-Einsatzes zu erhalten.

Dies bedeutet nicht, daß auf eine prinzipielle Einführungsplanung verzichtet werden darf. Grundsätzlich ist diese Planung notwendig, damit das System auch während der Prototypingphase so eingesetzt werden kann, daß die Zweckmäßigkeit des Hilfsmittels beurteilt und erkannt wird und daß erste Akzeptanzserfolge bei den Benutzern zu erreichen sind.

Wesentlich — auch im Hinblick auf die Investitionsentscheidung — ist in dieser Phase eine Abschätzung, die zeigt, welche Einsparungen sich mit einem CAD-System tatsächlich erreichen lassen. Der Gesamtkapazität im technischen Bereich ist dabei gegenüberzustellen, wie hoch der Aufwand für die Unterlagenerstellung in Verbindung mit Zeichnungen, z. B. Stücklisten und NC-Programmen, aber auch der Aufwand für die Zeichnungen selber ist.

Hinsichtlich des Aufwandes für CAD-relevante Unterlagen und Tätigkeiten sind Reduzierungen um 50 Prozent durchaus realistisch. Bezogen auf die Gesamtkapazität in der Konstruktion oder im technischen Büro bedeutet das häufig nur Reduzierungen um 10 bis 15 Prozent. Gerade für Unternehmen mit kleinen Konstruktionsbereichen läßt das erkennen, daß eine reine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Entscheidung über den CAD-Einsatz nicht ausreicht. Keinesfalls sollte mit dem CAD-Einsatz die Erwartung verbunden sein, daß sich diese Investition unmittelbar durch Personalreduzierung amortisieren läßt. Vielmehr ist bei dieser Entscheidung auch das Unternehmensumfeld einzubeziehen, z. B.

- CAD-Einsatz bei Wettbewerbern, die dadurch die Qualität ihrer Angebote erhöhen oder deren Bearbeitungszeiten reduzieren,
- Möglichkeiten zum Variieren und Optimieren von Konstruktionsergebnissen;
- Zwang zum Datenaustausch mit Kunden.

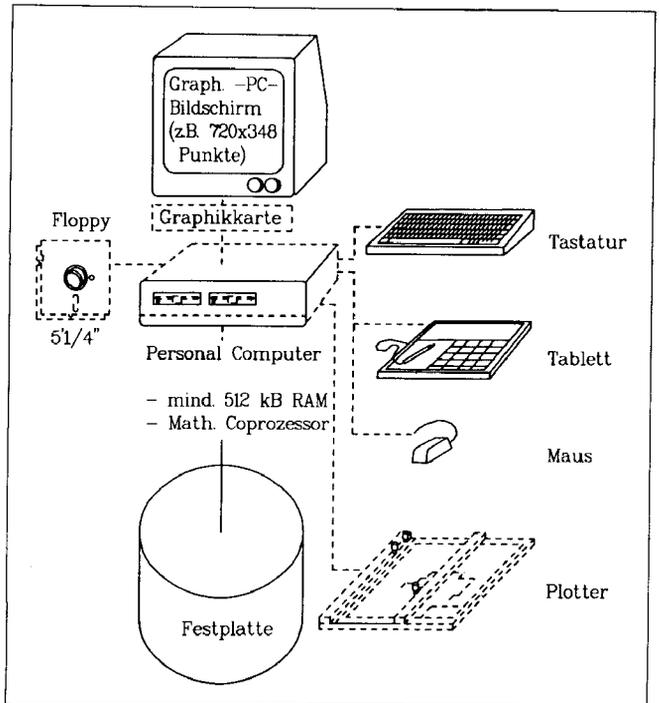
Gerade die letztgenannte Bedingung kann — je nach Intensität der Geschäftsbeziehung — ein entscheidendes Kriterium bei der Auswahl und Einführung eines CAD-Systems sein.

## CAD auf Personal Computern

Je nach finanziellen und technischen Randbedingungen stellen PC-CAD-Systeme mit Systempreisen von 20 000 bis 50 000 DM pro Arbeitsplatz sinnvolle Alternativen und Hilfsmittel dar.

Diese Systeme wurden lange Zeit nur mit Vorbehalten betrachtet. Es herrschte und herrscht auch noch eine große Systemvielfalt, da der Begriff „CAD“ relativ großzügig verwendet wird. Vielfach bieten auch kleine Firmen diese Systeme an. Daraus resultieren dann sehr häufig Support-Probleme, weil diese Firmen nicht in der Lage sind, zusätzlich zur Entwicklung und Weiterentwicklung des Systems auch noch ihre Anwender zu betreuen.

**Bild 2. Ein Low-cost-CAD-System läßt sich als Ein-Bildschirm- oder als Zwei-Bildschirm-Konfiguration betreiben. Die Hardware-Voraussetzungen für die Ein-Bildschirm-Konfiguration gibt das Bild wieder.**



Die Kapazitäten der Haupt- und Massenspeicher der eingesetzten PCs waren sehr klein. Darüber hinaus war auch nicht abzusehen, ob die Vernetzung der Systeme tatsächlich die erwarteten Vorteile hinsichtlich zentraler Datenspeicherung in Mehrbenutzeranlagen mit sich bringt.

Die in den letzten Jahren stattgefundenen Marktberingung unter den Anbietern und auch die Weiterentwicklung der Hard- und Software haben die ursprünglichen Vorbehalte mittlerweile in erheblichem Maße abgeschwächt. Folgt man der Empfehlung, auf erprobte Hard- und Softwarekomponenten zurückzugreifen, zeigen sich

### Vorteile beim Einsatz von Low-cost CAD-Systemen

- einfacher Einstieg in CAD-Anwendung
- Anpassungsfähigkeit an organisatorische Veränderungen
- Übersichtlichkeit der Hard- und Software
- geringe Schulungs- und Akzeptanzprobleme
- Schnittstellenprobleme schneller lösbar
- Zuschnitt auf Klein- und Mittelbetriebe oder Fachabteilungen einfacher pragmatischer Einsatz eines Low-cost-Systems legt Bedürfnisse des Anwenders schneller offen als jede langwierige Analyse

sehr schnell die Vorteile beim Einsatz solcher Systeme (s. Kasten).

Low-cost-Systeme bieten i. a. einen sehr einfachen Einstieg in die CAD-Anwendung, wobei auch nur geringe Schulungs- und Akzeptanzprobleme auftreten. So können die Benutzer z. B. mit recht weni-

gen, einfachen Befehlen ihre Dateiverwaltung organisieren, ohne sich mit dem „Overhead“ eines größeren Systems beschäftigen zu müssen.

Es ist auch sehr leicht möglich, das System in anderen Fachabteilungen zu installieren, um dort neue Anwendungsgebiete zu erproben. Auch hier sei nochmals darauf hingewiesen, daß ein pragmatischer Einsatz eines solchen Systems häufig sehr viel schneller die Anforderungen und Möglichkeiten des Systemesatzes zeigt als eine langwierige theoretische Analyse.

Im folgenden sollen am Beispiel eines in der Praxis sehr gut eingeführten Low-cost-CAD-Systems die verfügbaren Hard- und Softwarekomponenten und die daraus resultierenden Möglichkeiten für die Anwendung vorgestellt werden.

### Systemkonfiguration eines Low-cost-CAD-Systems

Das System läßt sich als Ein-Bildschirm- oder als Zwei-Bildschirm-Konfiguration betreiben. Die Hardware-Voraussetzungen für die Ein-Bildschirm-Konfiguration sind, Bild 2,

- ein PC, für den das System angepaßt ist,
- eine Graphikkarte mit
- Graphikbildschirm, für den das System angepaßt ist,
- ein mathematischer Co-Prozessor,
- eine Festplatte,
- Speicherausbau auf mind. 512 kB, besser 640 kB,
- eine Tastatur,
- eine Mouse oder ein Digitalisiertablett als graphisches Eingabemedium und
- ein Plotter für die Ausgabe der Zeichnungen.

Bei der Einbildschirm-Version werden die graphischen Ausgaben, d. h. die Zeichnungen und Zwischenausgaben und alpha-

numerischen Ausgaben, die Dialogtexte, Hilfsinformationen u. ä. auf Anforderung des Benutzers wechselweise auf demselben Bildschirm ausgegeben.

Mehr Komfort bietet demgegenüber eine Zweischirm-Version mit einem hochauflösenden, monochromen oder farbigen Bildschirm. Bei dieser Konfiguration werden die graphischen und alphanumerischen Informationen getrennt auf den beiden Bildschirmen dargestellt. Zusätzlich wird dabei auch eine bessere und genauere Wiedergabe der Zeichnung auf dem graphischen Bildschirm erreicht. Einer Auflösung von rd. 400 × 600 Bildpunkten bei dem normalen PC-Bildschirm mit Graphikkarte steht eine Auflösung von bis zu 1500 × 1000 Punkten bei einem hochauflösenden graphischen Bildschirm gegenüber. Die neueste Version der hier näher betrachteten Software ermöglicht auch den Betrieb als Dreibildschirm-Konfiguration. Bei der „logischen“ Dreibildschirm-Konfiguration wird neben dem hochauflösenden Bildschirm ein weiterer Farbgraphikschirm angeschlossen, auf dem wechselweise nach Wahl des Benutzers Text- oder Graphikausgaben erfolgen, ähnlich wie bei der Einschirm-Konfiguration.

Bei der „physischen“ Dreischirm-Konfiguration wird ein weiterer Bildschirm nur für die alphanumerischen Ausgaben angeschlossen. Durch die parallele Nutzung von zwei graphischen Bildschirmen läßt sich bei beiden Formen ein Bedienkomfort erreichen, der nur bei wenigen Systemen gegeben ist.

## Funktionen zur Zeichnungserstellung

Hinsichtlich der Bedienoberfläche, d. h. der Möglichkeiten des Funktionsaufrufes und des Funktionsumfangs, entsprechen leistungsfähige PC-CAD-Systeme heutzutage weitgehend dem Standard eingeführter Supermini- oder Mainframe-Systeme. PC-Systeme bieten zum Teil sogar mehr Möglichkeiten zur individuellen Gestaltung der Bedienoberfläche. Bei dem hier betrachteten CAD-System lassen sich die Funktionen auf drei unterschiedliche Arten aktivieren:

- durch die Eingabe von Funktionskürzeln über die Tastatur,
- durch Anwählen auf dem graphischen Tablett mit Lupe oder Stift,
- durch Anwählen im Bildschirmmenue.

Dabei sind sowohl Tablett als auch Bildschirmmenue erweiter- und änderbar. Sofern es die Aufgabe erfordert, ist auch eine kombinierte Nutzung von Bildschirm- und Tablettmenues möglich.

Für die Konstruktion stehen dabei alle graphischen Grundelemente wie Strecke, Rechteck, Polygonzug, Kreisbogen, Ellipse, Ellipsenbogen und auch geglättete Kurven zur Verfügung. Die graphischen Grundelemente können zu Gruppen unterschiedlicher Hierarchieebenen zusammengefaßt und dann gemeinsam selektiv modifiziert werden.

Die dabei verfügbaren Manipulationsfunktionen entsprechen durchaus dem CAD-Standard. Zur Verfügung stehen Funktionen zum Kopieren, Verschieben, Drehen, Spiegeln, Skalieren, Trimmen, Schneiden, Scheren, Löschen, Schraffieren, Ausrunden usw. Folien- und Raster-techniken sowie unterschiedliche Lupenfunktionen unterstützen dabei die Zeichnungsbearbeitung. Vorteile resultieren auch aus der Möglichkeit, Befehle und Funktionsaufrufe zu kombinieren und dadurch aufwendige Hilfskonstruktionen einzusparen. Der Benutzer kann auf vorhandene und abgeleitete Geometrielemente, d. h. Endpunkte, Schnittpunkte, Lotpunkte, Tangentenpunkte u. ä. Bezug nehmen, diese Punktbestimmungen ggf. noch untereinander kombinieren und statt direkter Zahlenwertangaben verwenden. Sogenannte Pseudovariablen bieten die Möglichkeit, vorhandene Geometriedaten mit arithmetischen Operationen zu verknüpfen und als Eingaben zu übernehmen. Auch das Anbringen umfangreicher Beschriftungen in Zeichnungen wird komfortabel unterstützt. So können Texte nicht nur zeilenweise, sondern auch als Textblöcke eingegeben werden. Dabei bestehen vielfältige Möglichkeiten zur Auswahl von Schriftsätzen, zur Textpositionierung, zur Ausrichtung (rechts-, linksbündig, mittig) und auch zur Auswahl unterschiedlicher Schreibrichtungen.

## Module zum Ausbau des Systems

Bereits einleitend wurde betont, daß außer komfortablen Zeichnungserstellungsfunktionen auch die Möglichkeiten zum weiteren Ausbau über die Praxisreinigung eines CAD-Systems entscheiden. So stehen mittlerweile auch für PC-CAD-Systeme Zusatzmodule wie Variantenprogrammierung, Stücklistenenerstellung, Symbol- und Normteilkataloge sowie allgemeine Datenschnittstellen zur Verfügung, mit denen sich die Systeme zu Bestandteilen von integrierten Datenverarbeitungssystemen ausbauen lassen.

Die weitreichendste Bedeutung für die Fertigungspraxis hat dabei die Anknüpfung der NC-Programmierung an die rechnerunterstützte Zeichnungserstellung. Diese erste Stufe einer Integration, die Weiterverarbeitung der Werkstück-Geometriedaten, bewirkt bereits erhebliche Rationalisierungseffekte und Zeiteinsparungen bei der NC-Programmierung. Als Richtwert läßt sich ansetzen, daß 40 bis 60 Prozent des Aufwandes beim Erstellen eines NC-Programms auf die Definition der Fertigteilkontur entfallen.

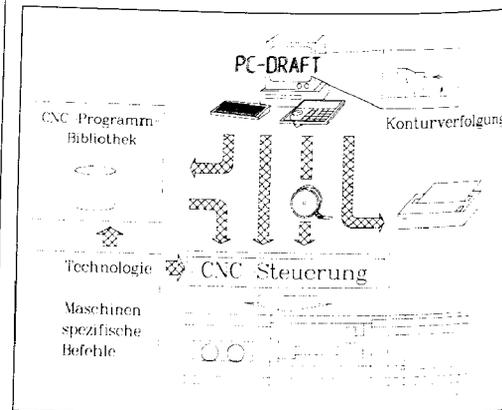
Das NC-Modul des hier vorgestellten CAD-Systems unterstützt den Benutzer bei Selektion der NC-relevanten Geometriedaten aus der Zeichnung und setzt diese Geometriedaten in Maschinensteuerbefehle um, Bild 3. Darüber hinaus notwendige Maschinensteuerbefehle, wie z. B. das Einstellen der Vorschubgeschwindigkei-

ten, das Zu- und Abschalten der Kühlschmiermittelzufuhr und ähnliche nicht unmittelbar an die Werkstückgeometrie gebundene Befehle können dann mit dem integrierten Texteditor, mit einem beliebigen anderen Textverarbeitungssystem oder aber auch direkt an der Maschine zum NC-Programm hinzugefügt werden. Die auf diese Art und Weise entstehenden NC-Programme können direkt an die Maschinen übertragen, in einer Programmbibliothek gesammelt und auch zur Kontrolle über Drucker ausgegeben werden. Das NC-Modul läßt sich nutzen für zweidimensional orientierte Bearbeitungsverfahren wie Drehen und Drahterodieren sowie bei entsprechender Arbeitstechnik für 2,5D-orientierte Bearbeitungsverfahren wie Bohren und 2,5D-Achsenfräsen. Diese Beschränkungen hinsichtlich der Bearbeitungsverfahren ergeben sich aus der rechnerinternen Modellierung des CAD-Systems, die eine Werkstückdarstellung in mehreren Ansichten, nicht aber eine räumliche Werkstückbeschreibung als Flächen- oder Volumenmodell zuläßt.

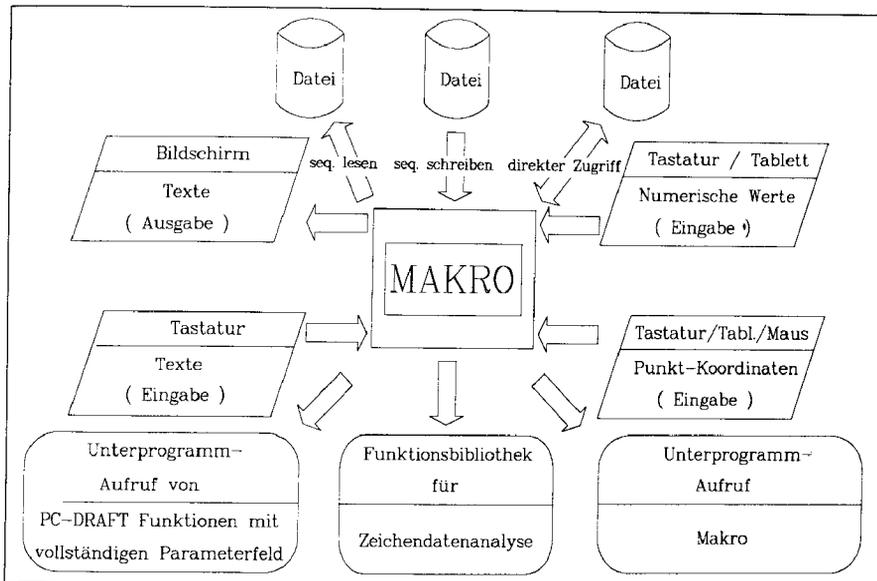
Da häufig schon NC-Programmier-systeme auf PC-Basis in Unternehmen eingeführt sind oder andere NC-Pakete Vorteile im Hinblick auf bestimmte Programmieraufgaben bieten, existiert auch noch ein anderer Weg zur CAD-NC-Kopplung: die Datenübergabe an das NC-Programmier-system über ein Standard-Datenformat (IGES, DXF, etc.).

Nachteil einer solchen Lösung ist, daß sich der Anwender mit unterschiedlichen Programmpaketen beschäftigen muß:

- dem CAD-Paket,
- dem Umsetzprogramm für die Datenkonvertierung,
- dem NC-Programmier-system.



**Bild 3. Mittlerweile stehen auch für PC-CAD-Systeme Zusatzmodule zur Verfügung, mit denen sich die Systeme zu Bestandteilen von integrierten Datenverarbeitungssystemen ausbauen lassen. Die weitreichendste Bedeutung für die Fertigungspraxis hat dabei die Anknüpfung der NC-Programmierung an die rechnerunterstützte Zeichnungserstellung. Das im Bild dargestellte CNC-Modul unterstützt den Benutzer bei der Selektion der NC-relevanten Geometriedaten aus der Zeichnung und setzt diese Geometriedaten in Maschinensteuerbefehle um.**



**Bild 4. Die systemspezifischen Variantenprogrammier-Module umfassen nahezu alle Möglichkeiten, die von höheren Programmiersprachen her bekannt sind. Zusätzlich bestehen Möglichkeiten der Interaktion. Sie sind auch geeignet, um über Makroschnittstellen den Funktionsumfang des Basissystems um anwendungsspezifische Funktionsfolgen zu erweitern.**

Hier soll nochmals hervorgehoben sein, daß alle beschriebenen Lösungen nur die Übernahme der Werkstück-Geometriedaten beinhalten; die Berücksichtigung von Toleranzen ist in allen Fällen in der Verantwortung des NC-Programmierers.

Erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen in der Konstruktion, aber auch in nachfolgenden Bereichen wie Fertigung und Lagerhaltung sind durch die Verwendung von Norm- und Standardteilen zu erreichen. Für viele Normteile können häufig vom CAD-Systemanbieter oder vom Anbieter der Normteile schon vorgefertigte Kataloge bezogen werden. Wesentlich wichtiger als die vollständige Berücksichtigung von Normen ist dabei die Möglichkeit, daß der Anwender selbst die Katalogdaten an die firmenspezifischen Normen anpassen kann. Bei der Zeichnungserstellung am CAD-System lassen sich dann die Normteile sehr einfach und schnell durch Eingabe ihrer kennzeichnenden Daten, d. h. zum Beispiel der Norm und der charakteristischen Abmessungen aufrufen und in der Zeichnung weiterverwenden.

Selbstverständlich können die CAD-System-Anbieter und andere Vertreter nicht alle unterschiedlichen werkspezifischen Normen und Standardteile anbieten. Hier läßt sich mittels Variantenprogrammen, die anwendungsspezifisch erstellt werden, eine ähnliche Bearbeitungsvereinfachung und -beschleunigung erreichen wie bei den Normteilen. Für den Aufbau dieser Variantenprogramme bieten CAD-Systeme unterschiedlich elegante Lösungen, die vom Programmieren in einer höheren Programmiersprache wie z. B. Fortran, bis hin zum interaktiven Parametrisieren von Zeichnungen reichen. Parametrisieren bedeutet dabei, daß eine Konstruktion zunächst interaktiv mit Realmaßen erstellt wird, die dann durch variable Maße ersetzt werden. Dieses Verfahren er-

fordert eine sehr aufwendige rechnerinterne Datenstruktur und ist deshalb für PC-CAD-Systeme nur in beschränktem Umfang nutzbar. Im wesentlichen sind deshalb bei PC-Systemen folgende Verfahren eingeführt:

- die Programmierung in einer systemspezifischen Programmiersprache,
- die Programmierung in einer höheren, allgemeinen Programmiersprache (Fortran, Pascal, ...).

Die Anwendung von allgemeinen Programmiersprachen baut normalerweise auf Sammlungen von speziellen Unterprogrammen auf, mit denen sich graphische Objekte in der Datenstruktur des CAD-Systems erzeugen lassen.

Die einzelnen Unterprogramme aus der „Object Library“ werden in Variantenprogrammen eingebunden und dort mit den notwendigen Parametern für die Erzeugung der Geometrielemente versorgt. Dabei können diese - bezogen auf die CAD-Software externen - Variantenprogramme alle Möglichkeiten der verwendeten Programmiersprache ausnutzen. Zur Bedienvereinfachung läßt sich die Befehlssequenz zur Nutzung des Variantenprogramms als Funktionsfolge unter einem spezifischen Befehl zusammenfassen, der dann in der üblichen Form über Tablett- oder Bildschirmenue aufgerufen wird.

Auch die systemspezifischen Variantenprogrammier-Module beinhalten nahezu alle Möglichkeiten, die von höheren Programmiersprachen her bekannt sind (Bild 4). Zusätzlich bestehen alle Möglichkeiten der Interaktion, d. h. das Abfragen von numerischen Werten, die Eingabe von graphischen Daten über das jeweils gewählte Eingabemedium und auch die Nutzung von Funktionen aus dem Befehlssatz für das interaktive Konstruieren. Dadurch läßt sich ein solches Variantenprogrammiermodul nicht nur für das klassische

Anwendungsgebiet, die automatisierte Variantenkonstruktion, einsetzen. Es ist auch geeignet, um den Funktionsumfang des Basissystems um anwendungsspezifische Funktionsfolgen zu erweitern, externe Variantenprogramme aufzurufen oder auch komplette Anwendungspakete zu entwickeln, z. B. für die graphische Simulation von Bewegungsabläufen und Getriebebewegungen.

Ein relativ neues, für PC-CAD-Systeme sehr interessantes Gebiet ist der Bereich der technischen Dokumentation, insbesondere die Erstellung von Perspektivzeichnungen für Reparaturanleitungen und Ersatzteilkataloge. Hierbei werden meist vorliegende Konstruktionszeichnungen in Perspektivdarstellungen umgesetzt, wobei vielfältige Hilfskonstruktionen oder Berechnungen erforderlich sind. Diese Systeme dürfen trotzdem keinesfalls als 3D-Systeme angesehen werden, auch wenn die Dateneingabe auf ein räumliches Koordinatensystem bezogen ist. Systemintern werden diese Daten auf x, y-Koordinaten umgerechnet.

## Elektrokonstruktion

Die bisherigen Ausführungen bezogen sich überwiegend auf die Definition und Verarbeitung von graphischen Daten. Bei einer Vielzahl von integrierten Datenverarbeitungsaufgaben im Zusammenhang mit CAD-Systemen sind aber zusätzliche, nichtgraphische Informationen notwendig.

Dabei sind zwei Schwerpunkte erkennbar, aus denen sich auch Anforderungen an die einsetzbaren CAD-Systeme ableiten:

1. Aus der graphischen Darstellung werden mehr oder weniger automatisiert Informationen für die Weiterverarbeitung in anderen Systemen abgeleitet; der wesentliche Informationsgehalt liegt aber in der graphischen Darstellung. Beispiel für diese Aufgabe ist die Ableitung von Stücklisteninformationen aus Baugruppenzeichnungen oder Symboldarstellungen (Elektro- und Hydraulikschemata).

2. Die graphische Darstellung ist nur eine auszugsweise, symbolhafte Darstellung eines wesentlich umfangreicheren Datenbestandes, aus dem sich noch andere Informationen gewinnen lassen. Beispiele für diesen Systemtyp sind spezielle CAD-Systeme für die Elektrokonstruktion oder den Leiterplattenentwurf.

Solche Systeme unterstützen deshalb weit mehr Aufgaben als eine komfortable Planerstellung mittels vorgefertigter Symbole. Dies ist auch mit einem CAD-System mit komfortablen Zeichnungsfunktionen einfach zu lösen. Bei den Spezial-Systemen für die Elektrokonstruktion haben anspruchsvolle Graphikfunktionen nur eine sekundäre Bedeutung; sie ermöglichen im wesentlichen die anschauliche Darstellung der Planungsergebnisse. Die Graphik beschränkt sich dabei überwiegend auf einfache Symbole und Liniengraphiken.

Die Hauptvorteile der Systeme für die Elektrokonstruktion resultieren aus deren spezieller, an der Schaltplanlogik orientierter Datenstruktur. Zu den einzelnen Schaltplansymbolen werden daher ergänzende Informationen über deren Verwendbarkeit (Anschlüsse, Anschlußbedingungen etc.) verwaltet. Aufgrund dieser Daten läßt sich dann die Schaltplanerstellung selbst erleichtern, z.B. durch das automatische Auftrennen bzw. Verbinden der Anschlüsse beim Plazieren der Schaltplansymbole. Gleichzeitig ergeben sich dadurch auch Möglichkeiten zur logischen Prüfung der Schaltpläne. Zu nennen sind hier Prüfungen von Verbindungen, das automatische Erzeugen von Querverweislis-ten, Klemmenplänen und Stücklisten. Häufig lassen sich auch die Betriebsmittelkennzeichen automatisch nach verschiedenen Strategien vergeben. In all diesen Bereichen bieten PC-Systeme einen Komfort, der dem von etablierten CAD-Systemen für die Elektrokonstruktion sehr nahe kommt.

Stellt die Erarbeitung von Schaltplänen einen erheblichen Anteil der Konstruktionsarbeiten dar, so ist der Einsatz eines speziellen CAD-Systems für diese Zwecke fast immer zu empfehlen.

Bei vielen Anwendern besteht dann aus Kostengründen die Forderung, das CAD-Paket für die Elektrokonstruktion und ein System für die Mechanikkonstruktion auf derselben Hardware zu betreiben. Dies erleichtert es dann auch, Daten bei der Schaltschrankplanung oder beim Schaltschrankdesign weiter zu verwenden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn sowohl das Softwarepaket für die Schaltplanerstellung als auch das für die Mechanikkonstruktion von demselben Anbieter stammen.

## Kopplung von CAD/CAM- und PPS-Systemen

Ähnlich wie bei der Elektrokonstruktion erscheint es auch bei der Konstruktion mechanischer Bauteile und -gruppen naheliegend, aus dem CAD-Datenbestand Basisinformationen für die Stücklisten-erstellung abzuleiten. Diese Stücklisten stellen dann das wesentliche Bindeglied zwischen der technisch und der kommerziell orientierten Datenverarbeitung, insbesondere dem Produktionsplanungs- und -steuerungs-System dar. Eine detaillierte Betrachtung dieser Aufgabenstellung zeigt jedoch sehr schnell, daß dabei eine Vielzahl von Einzelaufgaben zu lösen ist. Als Beispiele sind zu nennen:

- Arbeitsorganisation am CAD-System,
- Datentransfer zwischen CAD- und PPS-System,
- Abgleich der Datenbestände im CAD- und im PPS-System,
- notwendige Datenredundanz,
- Verwaltung abhängiger Datenbestände wie NC-Programme, Arbeitspläne,
- Änderungsdienst,
- Archivierung.

Die Lösungsmöglichkeiten sind dabei in starkem Maße von den verwendeten CAD/CAM- und PPS-Systemen bestimmt. Deshalb wird bei hohen Anforderungen hinsichtlich der Integration der Systeme auch ein zusätzlicher Aufwand für individuelle Systemanpassungen und Kopplungssoftware entstehen. Wie diese Lösungen im einzelnen aussehen können, läßt sich im Rahmen dieses Übersichtsbeitrages nicht darstellen. Deshalb soll nur eine kurze Übersicht über die möglichen Integrationsstufen gegeben werden (Bild 5).

Bei der Kopplung von CAD- und PPS-Systemen, die auf Mini- oder Mainframe-Rechner installiert sind, läßt sich i. a. in der ersten Stufe nur eine organisatorische, aber keine technische Verbindung erreichen. Die Nutzung beider Systeme geschieht dabei über unabhängige, aber räumlich benachbarte Bildschirm-Arbeitsplätze.

Die nächste Stufe der Integration – auch noch ohne Änderung der PPS- und CAD-Systeme – kann über den Einsatz von Mikrorechnern geschehen. Als Vorteil dieser Lösung wird angesehen, daß Mikros als offene Systeme eine leichtere Verbindung zu anderen Hard- und Softwaresystemen ermöglichen als Groß-EDV-Systeme. Aufgabe des Mikrorechners oder PC ist es dabei, Daten aus dem einen System zu übernehmen und als Eingabesystem für das zweite bereitzustellen. Vorteile bietet eine solche Lösung, weil dadurch die manuelle Weitergabe von Informationen zwischen den einzelnen Systemen ausgeschaltet und damit die sonst zu erwartenden Übertragungsfehler vermieden werden. Wesentlich schneller ist diese Stufe der Integration naturgemäß dann zu erreichen, wenn das CAD-CAM-System selbst be-

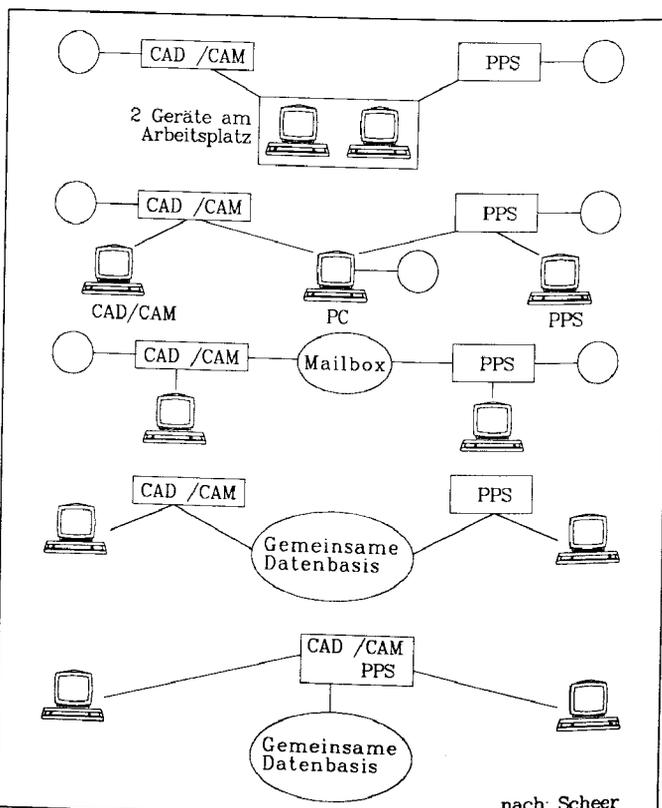
reits auf einem Personal Computer implementiert ist. In diesem Falle ist diese zweite Integrationsstufe schon durch die vorhandenen Systemkomponenten vorbereitet.

Auch die dritte Stufe des Integrationsmodells läßt sich damit wesentlich einfacher realisieren. Allerdings verlangt diese Stufe der Integration Veränderungen an Aus- und Eingabemodulen der CAD/CAM- bzw. PPS-Systeme. Mit einer derartigen Lösung lassen sich auch die in Bild 6 zusammengestellten Funktionen einer CAD/PPS-Systemkopplung realisieren. Solche Kopplungslösungen sind bereits heute im Ansatz verfügbar und bieten als besonderen Vorteil, daß bereits eingeführte CAD- und PPS-Systeme im wesentlichen weiter nutzbar bleiben bzw. weitgehend unabhängig voneinander eingeführt werden können.

Darüber hinausgehende Lösungsansätze, die etwa den Integrationsmodellen Stufe 4 und 5 entsprechen, verlangen umfangreiche Änderungen der Datenbankkonzepte sowie der Anwendungsprogramme. Selbst wenn derartige Systeme den Laborstatus verlassen haben, bleibt für das einzelne Unternehmen noch zu prüfen, inwieweit sich die Umstellung lohnen kann. Den Vorteilen einer vollen Integration steht gegenüber, daß außer Neuinvestitionen für Hard- und Software auch erhebliche Aufwendungen für das Umstrukturieren und Übernehmen der vorhandenen Datenbestände zu erwarten sind.

## Vernetzung von PC

Die Überlegungen hinsichtlich der Integration führen auch auf einen anderen Aspekt des Mikro-CAD-Systemeinsatzes



**Bild 5. Stufen (1 bis 5) zur Integration von CIM-Komponenten. Bei hohen Anforderungen hinsichtlich der Integration der Systeme wird ein zusätzlicher Aufwand für individuelle Systemanpassungen und Kopplungssoftware entstehen.**

nach: Scheer

hin – auf die Vernetzung der Systeme untereinander. Damit lassen sich dann für alle Anwender gemeinsam nutzbare Datenbestände, z. B. Normteilkataloge, Symbolbibliotheken u. ä. anlegen und zentral pflegen. **Bild 7** zeigt dazu als Beispiel ein PC-Netzwerk.

An ein derartiges Netz lassen sich bis zu 100 PC anschließen. Die im Netz zusammengeschalteten PC erfüllen dabei zwar prinzipiell unterschiedliche Aufgabenklassen: Sie arbeiten als User-PC oder als Server-PC. Auf den User-PC wird die eigentliche Anwendungssoftware betrieben. Im betrachteten Beispiel ist dies die Entwicklung und das Testen des CAD-Systems.

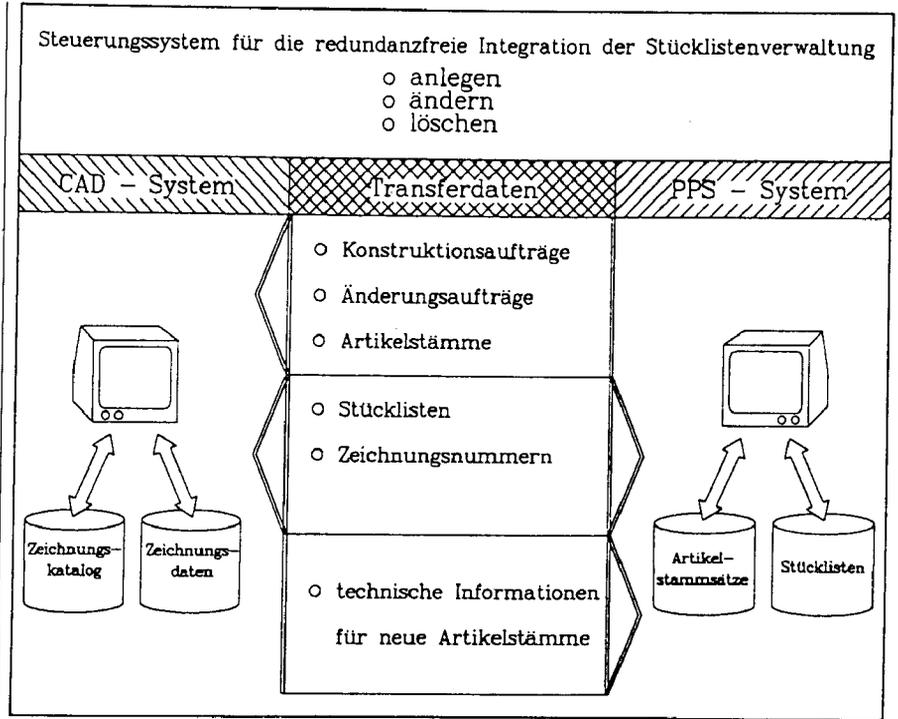
Der oder die Server-PC im Netz übernehmen zentralisierbare Aufgaben. Dies sind z. B. das Bereitstellen von Betriebsmitteln wie Massenspeichern, leistungsfähigen Schnelldruckern, Plottern und ähnlichem. Über Server-PC ist auch die Kommunikation mit anderen EDV-Systemen oder mit öffentlichen Netzwerken möglich.

Aufbauend auf der Standard-Netzwerksoftware wurde noch ein zusätzliches Softwarepaket entwickelt, das den Betrieb des PC-Netzwerks erleichtert. Einerseits unterstützt diese Software den Zugriff auf die Datenbestände und die Datensicherung, andererseits kontrolliert sie auch den Zugriff auf die Datenbestände und verhindert damit z. B., daß zwei Benutzer gleichzeitig versuchen, denselben Datenbestand zu ändern. Im Prinzip übernimmt diese Software damit Funktionen, wie sie auch im Zusammenhang mit der Freigabe von Zeichnungs- und Stücklistendaten bei der Integration mit einem PPS-System vorzusehen sind.

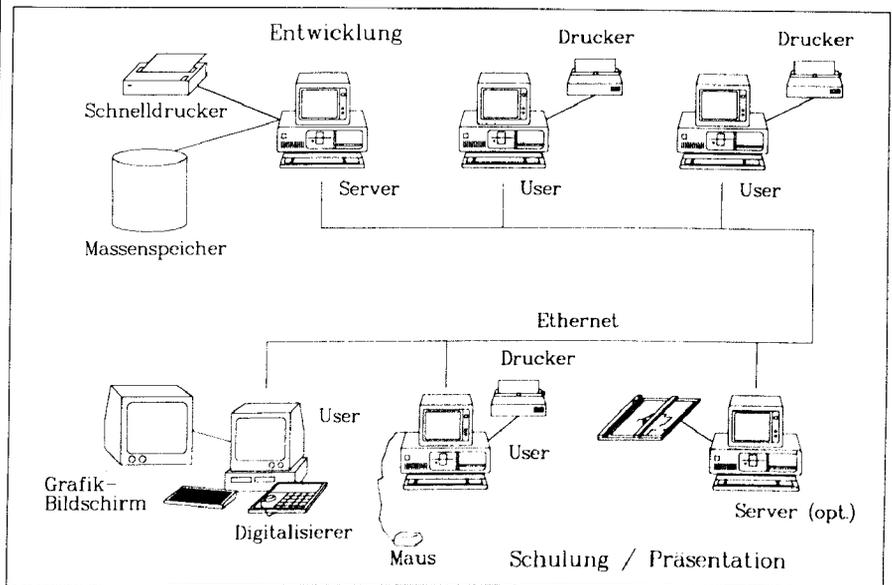
Die betrachteten Beispiele zeigen, daß CAD-Systeme auf PC-Basis sowohl untereinander vernetzt als auch in Verbindung mit anderen DV-Systemen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bieten. Zu berücksichtigen ist auch, daß in zunehmendem Maße der Datenaustausch zwischen PC-CAD-Systemen und Groß-CAD-Systemen über standardisierte Schnittstellen realisiert wird. Damit eröffnet sich ein weiteres, schon häufig nachgefragtes Einsatzgebiet: die PC-CAD-Systeme als Low-cost-Ergänzung zu teuren CAD-Systemen.

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Neben dem technischen Nutzen steht bei der Auswahl eines CAD-Systems im allgemeinen auch der wirtschaftliche Nutzen zur Diskussion. Im folgenden werden dazu einige Berechnungsmodelle vorgestellt. **Tabelle 1** zeigt einen Berechnungsgang, der sich sowohl für Nachkalkulationen wie auch für Wirtschaftlichkeitsrechnungen mit vorgegebenen Reduzierungsfaktoren nutzen läßt. Den Kosten für die konventionelle Bearbeitung eines vorgegebenen Auftrages wird dabei gegenübergestellt, welche Kosten beim Einsatz



**Bild 6.** Die dritte Stufe des Integrationsmodells verlangt Veränderungen an Aus- und Eingabemodulen der CAD/CAM- bzw. PPS-Systeme. Solche Kopplungslösungen mit dem im Bild gezeigten Datenfluß zwischen CAD- und PPS-System sind heute bereits im Ansatz verfügbar.



**Bild 7.** Durch Vernetzung von PCs lassen sich für alle Anwender gemeinsam nutzbare Datenbestände anlegen und zentral pflegen. An ein derartiges PC-Netzwerk lassen sich bis zu 100 PCs anschließen. Die im Netz zusammengeschalteten PCs arbeiten dabei als User- oder als Server-PC.

eines CAD-Systems für denselben Auftragsumfang zu erwarten sind. Dabei sind folgende Randbedingungen beachtenswert:

1. Die Systemkosten für das CAD-System wurden voll auf den einen Auftrag umgelegt.
2. Als Reduzierungsfaktor wurde „2“ zugrundegelegt, d. h. statt drei Stunden je A 4-Zeichnung bei konventioneller Bearbeitung wurden 1,5 Stunden je A 4-Zeichnung angesetzt.

Ein anderer Berechnungsansatz geht nicht von Reduzierungsfaktoren aus, verdeutlicht aber andererseits die Grenzen des wirtschaftlichen CAD-Einsatzes. Ziel dabei ist es, die Arbeitsbeschleunigung zu ermitteln, bei denen sich eine Kostengleichheit von rechnerunterstützter und konventioneller Zeichnungserstellung erreichen läßt.

Die konventionellen Zeichnungskosten ergeben sich aus dem Stundensatz des Konstrukteurs und der durchschnittlichen Zeichnungserstellungszeit. Bei der

Kostenbetrachtung für die Zeichnungserstellung am CAD-System fließen ein:

- der Stundensatz des Konstrukteurs,
- die Gesamtzeit für die Zeichnungserstellung,
- der Anteil der Zeichnungserstellungszeit, der tatsächlich am CAD-System erledigt werden kann,
- der zugehörige Stundensatz für das CAD-System.

Dazu zeigt **Tabelle 2** ein Berechnungsbeispiel und gleichzeitig die Gegenüberstellung eines PC-CAD-Systems mit einem durchschnittlichen Groß-CAD-System.

Die Preise für Hard- und Software beziehen sich auf eine Konfiguration mit vier Arbeitsplätzen einschließlich des Plotters, wobei bei der PC-Lösung auch die Kosten für die Vernetzung eingerechnet wurden. Außerdem ist vorausgesetzt, daß alle PC-CAD-Arbeitsplätze Zweischirm-Konfigurationen mit hochauflösendem, farbigem Monitor sind und Rechner mit extrem hoher Leistung verwendet werden.

Zunächst werden für beide Systeme die jährlichen Systemkosten ermittelt; dabei fließen folgende Anteile ein:

- die Systembetreuung, d.h. Wartung, Anwenderberatung und auch die Entwicklung neuer Anwendersoftware mit rund einem Mannjahr je Jahr;
- Wartung und Versicherung des Systems mit rd. 8 bis 10 Prozent des Investitionsvolumens;
- die Abschreibung des Systems auf fünf Jahre;
- die kalkulatorischen Zinsen.

Unter Berücksichtigung einer täglichen Nutzungsdauer von acht Stunden und 230 Arbeitstagen pro Jahr errechnet sich der CAD-System-Stundensatz je Arbeitsplatz. Die Kosten für die konventionelle Zeichnungserstellung ergeben sich aus einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von zwei Stunden und dem Stundensatz des Konstrukteurs von DM 55,-. Als CAD-relevanter Anteil dieser Zeichnungserstellung werden hier 50 Prozent, d. h. eine Stunde, angenommen. Die zulässige Bearbeitungszeit für die einzelne Zeichnung ermittelt man, indem man den Kostenanteil für den CAD-relevanten Anteil der Bearbeitung zum Gesamtstundensatz, d. h. die Kosten für Konstrukteur und CAD, ins Verhältnis setzt. Für ein CAD-System auf Minirechner oder Mainframe ergibt sich dabei ein notwendiger Reduzierungsfaktor von ca. „2“, für die PC-Lösung ein Reduzierungsfaktor von rd. „1,5“.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß es sich insbesondere bei den Preisen für das Groß-CAD-System um Schätzpreise handelt, die je nach verwendeter Hard- und Software stark nach oben oder unten differieren können.

Ein Modell für die Ermittlung der Amortisationszeit - auch unter Berücksichtigung der Lernkurven, d. h. sich ändernder Reduzierungsfaktoren - zeigen **Bild 8** und die zugehörige **Tabelle 3**. Zur

**Tabelle 1. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

<b>Ausgangssituation:</b>		
- Anzahl Zeichnungen Gesamt		895
- Umrechnung auf A 4-Format (A 3 und A 4)		858
- Bezahlung auf A 4-Format		DM 150,00
- Gesamtauftragsvolumen		DM 128 700,00
- Konventionelle Mitarbeiterstunde		DM 40,00
<b>Konventionelle Betrachtung:</b>		
- Mitarbeiterkosten: 858 (A 4) × ca. 3 Std./A 4 × 40 DM/Std.		DM 102 960,00
- Verwaltungsaufwand 10%		DM 10 296,00
- Gewinn vor Steuern		DM 15 444,00
<b>CAD-Betrachtung:</b>		
- Systemkosten PC-Draft etc.		DM 35 400,00
- Mitarbeiterkosten: 858 (A 4) × ca. 1,5 Std./A 4* × 40 DM/Std.		DM 51 480,00
- Verwaltungsaufwand 10%		DM 5 148,00
* Erstellungszeit, interaktiv und plotten		
- Gewinn vor Steuern		DM 36 672,00

**Tabelle 2. CAD-Einsatz: Berechnungsbeispiel**

	„Groß-Cad“	PC-Draft
Hard- und Software (4 Arb.-Plätze*)	850 TDM	300 TDM
Systembetreuung (1/2 MJ./J.)	100 TDM/a	100 TDM/a
Wartung/Versicherung	85 TDM/a	25 TDM/a
Abschreibung (5 Jahre)	170 TDM/a	60 TDM/a
Kalk. Zinsen (ca. 6%)	26 TDM/a	9 TDM/a
CAD-Systemkosten/Jahr	381 TDM/a	194 TDM/a
Tägliche Nutzungsdauer (8 h)		
Arbeitstage/Jahr (230)		
CAD-Stundensatz/Arbeitsplatz	52 DM/h	26 DM/h
<b>Zeichnungskosten</b>		
Kosten (konventionell) (2h × 55 DM/h)	110 DM	110 DM
CAD-relevanter Anteil (50% = 1h)	55 DM	55 DM
Gesamtstundensatz (Konstrukteur + CAD)	107 DM/h	81 DM/h
zulässige Bearbeitungszeit	55 DM	55 DM
(CAD-relevanter Anteil/Gesamtstundensatz)	107 DM/h	81 DM/h
notwendiger Reduzierungsfaktor	= 0,51 h	= 0,68 h
	1,95	1,47

\* Kosten für weiteren Systemausbau bei Groß-CAD höher als bei PC-Lösung

**Tabelle 3. Ermittlung der Amortisationszeit**

	Groß-CAD			Low-cost-CAD		
	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Erst-/Folgeinvestitionen (DM)	850 000	-	-	300 000	-	-
Reduzierungsfaktor	1	2	3	1	2	3
Arbeitsplatzverwendung	Konstruktion	3	3	3	3	3
	Grunddatenaufbereitung	1	1	1	1	1
verfügbare Konstruktionszeit (h)	2 700	2 700	5 400	2 700	2 700	5 400
Fixkosten	Grunddatenaufbereitung (DM)	50 000	50 000	100 000	50 000	50 000
	Operator (DM)	50 000	50 000	100 000	50 000	25 000
	Verzinsung (DM)	12 750	12 750	25 500	4 500	4 500
	Wartung/Versicherung (DM)	42 500	42 500	85 000	12 500	12 500
Summe (DM)	155 250	155 250	310 500	117 000	92 000	184 000
eingesparte Konstruktionszeit (h)	0	2 700	10 800	0	2 700	10 800
Ersparnis an Konstruktionszeit (DM)	0	148 500	594 000	0	148 500	594 000
effektive Ersparnis (DM)	- 155 250	- 6 750	283 500	- 117 000	56 500	410 000

Vereinfachung ist dabei angesetzt, daß sich die Lernkurve sprunghaft ändert, d. h. innerhalb des ersten Halbjahres keine zeitliche Reduzierung gegenüber der konventionellen Zeichnungsbearbeitung erreicht, innerhalb des zweiten halben Jahres auf-

grund der zunehmenden Erfahrung der Benutzer und einer besseren Anpassung des Systems ein Reduzierungsfaktor von „2“ und für die folgende Zeit ein durchschnittlicher Reduzierungsfaktor von „3“ erzielt wird.

Von den installierten vier Arbeitsplätzen werden drei für die Abwicklung von Konstruktionsaufgaben eingesetzt und der vierte Arbeitsplatz für die sog. Grunddaten-Aufbereitung, d. h. zum Beispiel für das Anlegen und Anpassen von Normteilkatalogen, den Aufbau von Anwendungssoftware-Paketen und ähnliches.

Für die Berechnung der übrigen Fixkosten wurden in etwa dieselben Kostensätze angesetzt wie im vorherigen Beispiel. Als verfügbare Konstruktionszeit werden pro Jahr und Arbeitsplatz 1800 Stunden angenommen. Die eingesparte Konstruktionszeit ergibt sich dann aus der verfügbaren Konstruktionszeit am CAD-System und dem jeweils geltenden Reduzierungsfaktor. Durch die Multiplikation mit dem Stundensatz des Konstrukteurs erhält man die Ersparnis in DM. Nach Abzug der Fixkosten für den Systembetrieb ergibt sich dann die effektive Ersparnis bzw. der Verlust für den jeweils betrachteten Zeitabschnitt. Kumuliert führen die Verluste bzw. Ersparnisse dann zu den dargestellten Kostenverläufen.

Natürlich dürfen derartige Kostenvergleiche nur dann angestellt werden, wenn vorangegangene Analysen gezeigt haben, daß beide CAD-Systemkonfigurationen für den betrachteten Anwendungsfall auch tatsächlich technisch gleichwertig sind. So lassen sich PC-CAD-Systeme derzeit nicht sinnvoll anwenden, wenn die Aufgabenstellung das Verwalten und Verarbeiten von komplexeren rechnerinternen Darstellungen, z. B. 3D-Volumen- oder auch hochkomplexen Flächen-Modellen, verlangt. Andererseits muß in derartigen Situationen auch in Betracht gezogen werden, daß solche Systeme sehr hohe Anforderungen an die Benutzer stellen und daher nicht als „Alltagswerkzeug“ im technischen Bereich in Betracht kommen können.

Abschließend sind schlaglichtartig einige Kriterien zusammengestellt, die eine erste Orientierung bei der Entscheidung zwischen CAD-Systemen auf Personal Computer-Basis oder auf Supermini- oder Mainframe-Basis ermöglichen sollen (Tabelle 4). Selbstverständlich kann eine derartige Grobbewertung nicht alle Einflußgrößen beinhalten. Außerdem ist jeweils noch eine unternehmensspezifische Gewichtung der einzelnen Kriterien notwendig.

Die zweite Aufstellung, Bild 9, enthält Kriterien, die für den Vergleich von CAD-Systemen – etwa im Sinne einer Grobauswahl – relevant sind. Speziell bei großen Investitionen in die CAD/CAM-Technologie empfiehlt sich auch hier die Detaillie-

#### Weitere Informationen

Koch, R.: Systemauswahl und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. In: Dezentraler Einsatz von CAD mit Personal Computer und Workstation. Düsseldorf: VDI-Bildungswerk, 1988.

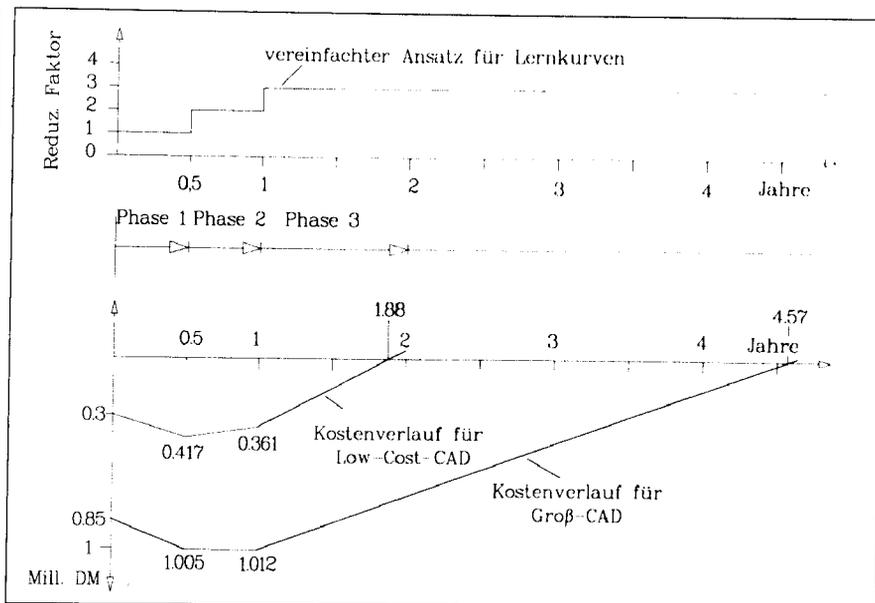


Bild 8. Modell für die Ermittlung der Amortisationszeit unter Berücksichtigung von Lernkurven, d. h. sich ändernder Reduzierungsfaktoren.

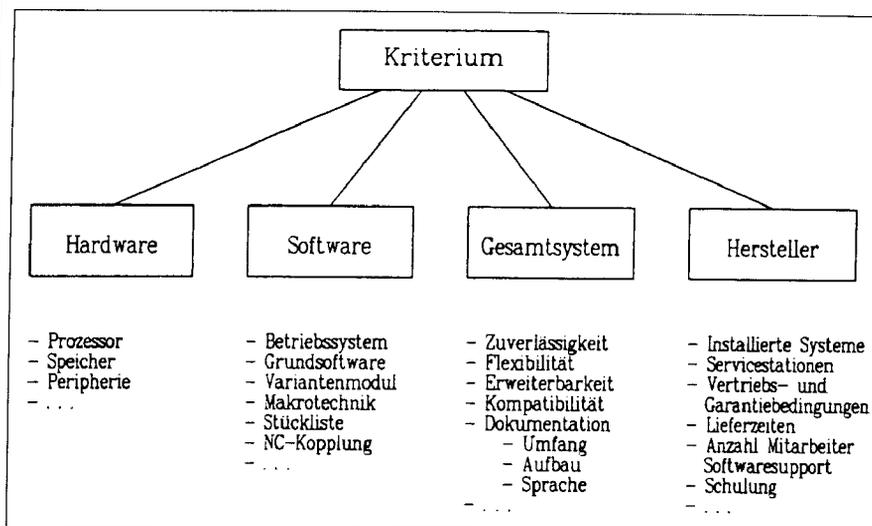


Bild 9. Kriterien für die Feinauswahl als Orientierung bei der Entscheidung zwischen CAD-Systemen auf PC-Basis oder auf Supermini- oder Mainframe-Basis.

Tabelle 4. Kriterien für die Systemauswahl

Kriterien	Low-cost	Groß-CAD
Einfacher Einstieg	++	-
Geringe Kosten	++	-
Leichte Handhabung	+	o
Anpassungsfähigkeit an organisatorische Veränderungen	++	-
Standardisierung	+	+
Übersichtlichkeit des Systems	+	-
Wenig Schulungs- und Akzeptanzprobleme	++	o
Schnittstellen:		
NC	+	+
FEM	-	++
Stückliste	+	+
Datenbank	o	+
Funktionsumfang:		
2D	++	++
3D	o	++
Erweiterbarkeit bzgl.:		
Arbeitsplätze	-	+
Funktionen	+	+
Anderen Aufgaben	+	+

Erfüllungsgrad:  
++ sehr gut + gut o zufriedenstellend - schlecht

rung und unternehmensspezifische Gewichtung – ggf. auch in Zusammenarbeit mit einem Beratungsunternehmen.

### Zusammenfassung

PC-CAD-Systeme haben heutzutage einen technischen Stand erreicht, der die meisten Anforderungen und Einsatzgebiete für CAD-Systeme im Konstruktionsbereich voll abdecken kann. Mit der Weiterentwicklung von Soft- und Hardware ergeben sich für CAD-Systeme interessante Aspekte, die Vernetzung untereinander oder auch die Kommunikation mit anderen EDV-Systemen, z. B. aus dem kommerziellen Bereich. Auch die wirtschaftlichen Vorteile sprechen für eine intensivere Beschäftigung mit CAD-Systemen auf der Basis von PC. CAD auf PC kann deshalb eine wertvolle Hilfe und ein Einstieg in die CAD- wie auch in die CIM-Technologie für kleine und mittlere Unternehmen und eine Ergänzung komplexer CAD-Systeme für große Unternehmen sein.