



CAD erfolgreich eingeführt

Initialisierung und CAD-Konzept



Wolfgang LINDHEIM, Dipl.-Ing., Assistent am Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften der TU-Graz. Jahrgang 1960, Studium Wirtschaftsingenieurwesen an der TU-Graz, Industrietätigkeit in der EDV und als Berechnungsingenieur, seit Mai 1984 als Assistent verantwortlich für die Bereiche EDV, CAD und Unternehmungsführung. Hr. Lindheim arbeitet an einer Dissertation zum Thema CAD/CAM Integration.

Eine typische CAD-Einführung ist gemäß einer deutschen Untersuchung [1] mit einer Planungszeit von 2 Jahren und reinen Planungskosten von DM 200.000,— verbunden.

Bei der Austria Haustechnik GmbH verlief die CAD-Einführung zu wesentlich geringeren Kosten, schneller und, nach Meinung der Beteiligten, trotzdem seriös. Der folgende Bericht soll die angewandte Vorgehensweise und die dabei gemachten Erfahrungen darlegen.

Das Unternehmen und die Aufgaben der Konstruktion

Die Austria Haustechnik (AHT) GmbH mit Sitz in Rottenmann, Steiermark, beschäftigt etwa 700 Mitarbeiter.

Das Produktionsprogramm umfaßt Gefriertruhen für Haushalt und Gewerbe, Dunstabzugshauben, Elektrowärmespeicheröfen, Wärmepumpen, Klimageräte und Komplettküchen.

Typisch für das Produktionsprogramm ist eine Vielzahl von Gerätevarianten, die von dem jeweiligen Grundmodell nur geringfügig abweichen.

Die Konstruktion nimmt alle Aufgaben wahr, die den Entwurf der Blech- und Kunststoffteile, der Gehäuse, der elektrotechnischen Komponenten und die Gestaltung des Endprodukts betreffen. Daneben werden in der Betriebsmittelkonstruktion ein breites Spektrum von Vorrichtungen, sowie Blechbearbeitungs-, Spritz- und Druckgußwerkzeuge geplant. Insgesamt sind in der Geräte- und Werkzeugkonstruktion 17 Mitarbeiter tätig.

Die Situation des Unternehmens wird von einigen für die heutige Zeit typischen Faktoren geprägt: Die Konkurrenz zwingt zu Rationalisierung und Kostensenkung, die Abnehmer fordern zunehmend Spezialanfertigungen mit niedrigen Stückzahlen, Kooperationspartner vergeben Entwick-

lungs- und Fertigungsaufträge nur mit knapp gesetzten Terminen, man arbeitet personell vielfach an der Kapazitätsgrenze.

Besonders die Konstruktion ist von diesen Gegebenheiten betroffen, geht es doch darum, mehr (= höhere Anzahl von Varianten und Neuentwicklungen), schneller (= mit kürzerer Entwicklungszeit), billiger mit demselben Personal zu bewältigen.

CAD sollte nun helfen, diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Die Vorgehensweise bei der CAD-Einführung

Am Beginn der Auseinandersetzung mit CAD bei der AHT GmbH stand das Sammeln von Informationen.

Zeitschriften, Messebesuche und Systemdemonstrationen vermittelten einen ersten Eindruck von CAD.

Sehr rasch erkannte man, daß die Kosten verschiedener Systeme stark differieren. Unterschiede bei der Leistungsfähigkeit wurden zwar ersichtlich, deren Bedeutung für die eigene Situation war aber nur schwer erfäßbar.

Angeregt durch einen Kontakt mit dem Autor entschloß man sich, die weiteren Planungsschritte systematisch und mit externer Unterstützung in Angriff zu nehmen.

Die gesamte Einführung wurde in zwei Phasen gegliedert:

1. Die Erarbeitung eines CAD-Konzepts, das klären sollte:
 - Welche Tätigkeiten sollen in Zukunft durch CAD unterstützt werden?
 - Welcher CAD-Systemtyp ist dafür geeignet?
 - Mit welcher Einstiegskonfiguration soll mit der CAD-Nutzung begonnen werden?
 - Ist CAD wirtschaftlich?
2. CAD-Ausschreibung und Systemevaluation zur Auswahl jenes Systems, das die Anforderungen zu den günstigsten Bedingungen erfüllt.

Die Entwicklung des CAD-Konzepts verlangte neben Kenntnissen um die technische Leistungsfähigkeit von Systemen und um das Marktangebot eine gründliche Eigenanalyse des Unternehmens in Hinblick CAD.

Schwierigkeiten bereitet das Erkennen der relevanten Gegebenheiten des eigenen Unternehmens in Hinblick auf CAD.

Eigenanalyse im Hinblick CAD

Die Eigenanalyse in Hinblick CAD bezweckt, die eigenen Anforderungen an CAD zu ermitteln. Dies ist erforderlich, da spezifische CAD-Systeme auch deutlich ausgeprägte Stärken und Schwächen aufweisen. Die Auswahl eines Systems kann daher nicht nur nach dem Kriterium Preis vorgenommen werden, sondern sollte die Eignung für die Unterstützung der jeweiligen Konstruktionsarbeiten in den Mittelpunkt stellen.



Die Eigenanalyse bei der AHT GmbH erstreckte sich auf 6 Bereiche:

1. Konstruktionstätigkeiten

Mittels Fragebogen und in Gesprächen wurde ermittelt, welche Tätigkeiten wie Konzipieren, Entwerfen, Detaillieren, Berechnen, Ändern usw. mit welchen Anteilen an der Gesamtarbeitszeit ausgeführt werden, in welchem Ausmaß Neu- bzw. Variantenkonstruktion anfallen, welche Sonderaufgaben zu erfüllen sind (Zusammenstellungen, Explosionszeichnungen, Abwicklungen usw.) und welche Berechnungsaufgaben gelöst werden müssen.

2. Konstruktionsobjekte

Analysegegenstand dieses Punktes waren die zu konstruierenden Produkte, die berührten Fachgebiete (Mechanik, Elektrik, Hydraulik, Rohrleitungen, Stahlbau), Teilanzahl montierter Produkte, Fertigungsverfahren, erforderliche Abbildungstechniken (2 D, 3 D) und eine Charakterisierung der Abbilder der Produkte, also der Zeichnungen mit den verwendeten grafischen Elementen und Darstellungsarten.

3. Konstruktionshilfsmittel

Dieser Punkt sollte anhand einer Checkliste klären, welche Konstruktionshilfsmittel wie Klebefolien, Standardzeichnungen, Normblätter, Werkstoffkarteien etc. verwendet werden.

4. Standardisierung

Hier wurde aufgezeigt, in welchen Ausmaß eine Bauteil-, Baugruppen- und Baureihenstandardisierung gegeben ist bzw. erreichbar wäre, weiters die Verwendungshäufigkeit von Standardelementen und vorhandene Symmetrieeigenschaften der Konstruktionsobjekte.

5. Schnittstellen zu anderen Bereichen

Damit wurde dargelegt, mit welchen Stellen die Konstruktion datenflußmäßig verknüpft ist, z. B. mit der Stücklistenverarbeitung, NC-Programmierung etc. und welche EDV-Systeme im Umfeld von CAD bereits vorhanden waren.

6. Zukünftige Entwicklung

Um nicht vergangenheitsorientiert, sondern für die Zukunft zu planen, wurden die Entwicklungstendenzen der aufgezeigten Sachverhalte für die folgenden 2 bis 3 Jahre abgeschätzt.

Die so ermittelten Sachverhalte bestimmen charakteristische Anforderungen an ein CAD-System (siehe Abb. 1), wie z. B. die Anzahl der benötigten CAD-Arbeitsplätze oder die Möglichkeiten der Geometrieverarbeitung.

Die Eigenanalyse führte bei der AHT GmbH zu folgenden Ergebnissen:

- Die Tätigkeitsanalyse zeigte das Ausmaß der CAD unterstützbaren Tätigkeiten Detaillieren, Berechnen, Ändern und z.T. Entwerfen. Unter Berücksichtigung eines mittleren Beschleunigungsfaktors ergibt sich daraus, daß etwa 4 CAD-Arbeitsplätze ausgelastet werden können.
- Aus der Tätigkeits- und Objektanalyse wurde ersichtlich, daß fast ausschließlich das Fachgebiet Mechanik berührt wird, daß daneben aber einige Sonderanwendungen vorliegen, die eine 3-D-Geometrieverarbeitung bedingen und für die Mehrzahl der Anwendungen eine 2-D-Abbildungstechnik ausreicht.
- Weiters zeigte sich, daß jährlich ca. 1000 A0-Zeichnungen mit hohem »Schwärzungsgrad« angefertigt werden und daß es einen Bestand von etwa 500 — 1000 DIN-A0-Zeichnungen gibt, auf die laufend zugegriffen wird. Gemeinsam mit dem Bedarf nach 3-D-Geometrie erwächst daraus die Notwendigkeit, große Datenmengen zu verarbeiten.
- Die Analyse der Konstruktionsobjekte, der Hilfsmittel und des Standardisierungsgrades ergaben, daß viele Abmessungsvarianten, aber relativ wenig Gestaltvarianten vorkommen. Die Erstellung von Makroelementen und Variantenprogrammen kann somit mit relativ einfacher Programmlogik geschehen, vorzugsweise mit einer interaktiven Programmierung.
- Berechnet werden müssen Umfang, Flächen, Volumina, Gewichte, Flächenschwerpunkte, Druckmittelpunkte, Maschinenelemente, Schnitt- und Biegekräfte. Daraus erwuchs die Anforderung, jene Berechnungsprogramme, die über rein geometrische Berechnungen hinausgehen und nicht als Standardfunktion in CAD-Systemen integriert sind, in das System einbinden zu können.
- Die Tätigkeits- und Objektanalyse zeigten in Verbindung mit Überlegungen zur zukünftigen Entwick-

lung auch auf, daß ein Bedarf nach Programmpaketen

- zur Erzeugung schattierter Darstellungen (zur Beurteilung der Ästhetik und als Verkaufsunterlage)
- zur Berechnung von Blechabwicklungen und
- zur Berechnung des Fließ- und Temperaturverhaltens von Druck- und Spritzgußteilen vorlag.
- Schließlich wurden noch Normteilkataloge für Innensechskantschrauben, Federn, Stifte und Werkzeugnormalien benötigt. Im Rahmen der Schnittstellenuntersuchung ergab sich, daß eine Integration mit der NC-Programmierung kurzfristig für das Stanzen und Nibbeln und längerfristig für das 3 — 5 Achsen Fräsen angestrebt werden sollte.

Die Eigenanalyse zeigt, welche Tätigkeiten durch CAD unterstützt werden können.

Mit diesen Informationen konnte die Frage nach den mit CAD zu unterstützenden Tätigkeiten bereits weitgehend beantwortet werden. Sowohl die Geräte- als auch die Werkzeugkonstruktion weisen eine für CAD günstige Ausgangssituation auf. Beide sind durch einen hohen durch CAD unterstützbaren Zeitanteil und hohem Anteil von Variantenkonstruktion bzw. hohem Anteil von Wiederholteilen charakterisiert. Die vorherrschende Abbildungstechnik ist das 2-D-Zeichnen. In beiden Abteilungen läßt sich damit die Zeichnungserstellung mit CAD wirksam unterstützen. Neben dem Einsatz zum zweidimensionalen Zeichnen lagen einige Sonderanwendungen mit 3-D-Geometrieverarbeitung und Berechnungsaufgaben vor, die mit CAD stark vereinfacht werden können. Durch einen CAD-Einsatz in beiden Konstruktionsabteilungen können außerdem Daten mehrfach verwendet werden, weiters erlaubt CAD eine Reduktion des NC-Programmieraufwandes durch eine Geometriewertergabe.

Auswahl des geeigneten CAD-Systemtyps

Weltweit werden etwa 4000 verschiedene CAD-Systeme angeboten. Im deutschsprachigen Raum sind es zwar



wesentlich weniger, aber immer noch bei weitem zu viele, um in einem Auswahlverfahren alle Systeme evaluieren zu können.

Um die Anzahl der in Frage kommenden Systeme auf ein für eine Evaluation praktikables Maß zu reduzieren, ist es vorteilhaft, eine Klassifizierung der Systeme vorzunehmen und festzustellen, welcher Systemtyp den eigenen Anforderungen am besten entspricht.

Diese Vorgehensweise wird bei der AHT GmbH verfolgt. Aufbauend auf Arbeiten von M. Reichl [2] wurden die verschiedenen Systeme anhand von 7 Kriterien klassifiziert und jeweils einem von 3 Grundtypen zugeordnet.

Die Klassifizierung basiert auf folgenden Merkmalen von CAD-Systemen:

1. Die Geometrieverarbeitungsmöglichkeiten

Verschiedene CAD-Systeme unterscheiden sich wesentlich in ihren Mög-

lichkeiten, technische Informationen abzubilden. Im einfachsten Fall kann nur 2-D-Geometrie Information ohne Zusatzangaben (Attribute) wie z. B. eine Teilebenennung erfaßt und verarbeitet werden. Höher entwickelte Verarbeitungsmöglichkeiten liegen vor, wenn neben der rein geometrischen Information auch Attribute und dreidimensionale Werkstückinformation als Draht-, Flächen- oder Volumensmodell verarbeitet werden können.

Eine Klassifizierung der Systeme schafft den für ein CAD-Konzept benötigten Überblick über das Marktangebot und läßt eine seriöse Kostenschätzung zu.

Die höchste Stufe der Modellverarbeitung beinhaltet zusätzlich noch die Möglichkeit, Freiformflächen (z. B. eine Karosserieaußenhaut) darzustellen und die Abspeicherung aller erfaßten

Informationen in einer einzigen Datenbankdatei mit Querverweisen zwischen voneinander abhängigen Informationen, z. B. Maß-Geometrie oder 3-D-Modell-2-D-Zeichnung.

2. Die handhabbaren Datenmengen

Einfache CAD-Systeme sind durch Beschränkungen in den handhabbaren Datenmengen gekennzeichnet. Basiert ein System auf einem Rechner ohne virtuellem Betriebssystem, so limitiert die Hauptspeichergröße die maximal darstellbare Informationsmenge. Bei Rechnern mit niedrigen Durchsatzraten ergeben sich bei bestimmten Verarbeitungen (z. B. Errechnen von Durchdringungskurven) lange Antwortzeiten, die das Arbeiten in hohem Maße beeinträchtigen. Vielfach sind derartige Operationen prinzipiell nicht vorgesehen. In manchen Fällen ist die externe Speicherkapazität limitiert, was zusätzlichen Operating-Aufwand für

Gegenstände der Selbstanalyse	Anforderungen an das CAD-System und Wirtschaftlichkeit							
	Bestimmte Anzahl der Arbeitsplätze	2D/3D-Geometrieverarbeitung	Zu verarbeitende Datenmengen	Umfang und Form von parametrisierter Konstruktion	Einbindung von parametrisierter Konstruktion in Berechnungsprogrammen	Bedarf nach Spezialprogrammen	Bedarf nach Teile-Bibliotheken	Wirtschaftlichkeit
Konstruktionstätigkeiten	●	●	●	●	●	●	●	●
Konstruktionsobjekte		●	●	●	●	●	●	●
Konstruktionshilfsmittel			●	●	●	●		●
Standardisierung				●				●
Schnittstellen zu anderen Bereichen		●					●	●
Zukünftige Entwicklung	●				●		●	

Abb. 1: Gegenstände der Selbstanalyse und resultierende Anforderungen an das CAD-System.

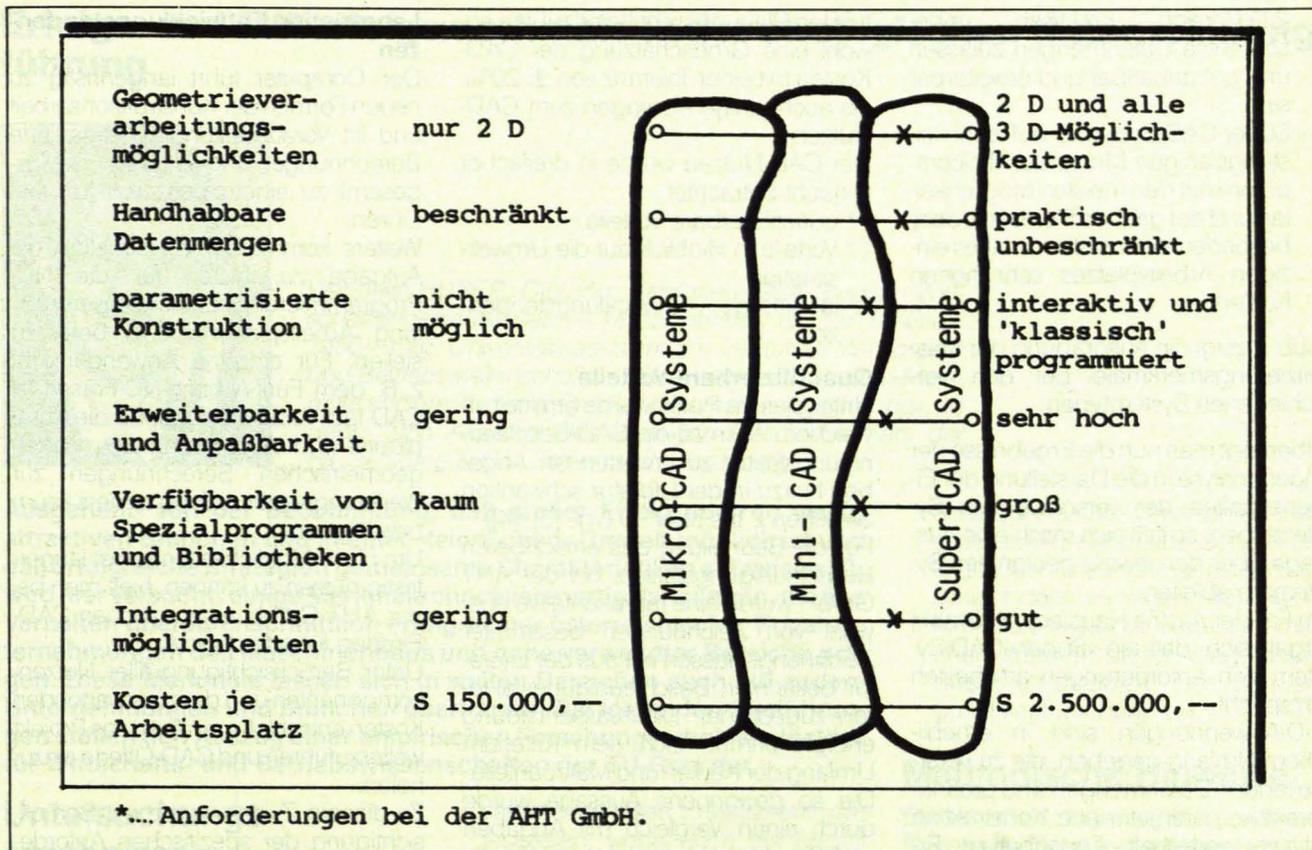


Abb. 2: Klassifizierung von CAD-Systemen und Bestimmung des geeigneten CAD-Systemtyps.

das Archivieren und Wiedereinspielen von Dateien verursacht. Schließlich stellt bei manchen Systemen, die Zeichnungsausgabe mit Plotzeiten bis zu 20 min. für eine DIN-A0-Zeichnung die langsamste Einheit im Gesamtsystem dar, die höhere Durchsatzraten verhindern (z. B. wenn nur Stiftplotter aber keine elektrostatischen Plotter verfügbar sind).

3. Möglichkeiten der parametrisierten Konstruktion

Nicht alle Systeme verfügen über die Möglichkeit, den Zeichnungsvorgang selbst zu programmieren und über Parametereingaben zu steuern. In vielen Fällen ist dies in der Form einer »klassischen« Programmierung mit einer speziellen graphischen Programmiersprache oder Fortran möglich. Komfortabler und schneller erlernbar sind Verfahren der interaktiven Programmierung, die einer normalen Zeichnungserstellung sehr ähnlich sind.

4. Erweiterbarkeit und Anpaßbarkeit

CAD-Systeme sind umso effizienter einsetzbar, je mehr sie an betriebsspe-

zifische Gegebenheiten angepaßt werden können. Dies betrifft die Erweiterung des Basissystems um Symbole, Makroelemente, Befehlsmakros, spezielle Berechnungsprogramme, Listen (Lagerlisten, Werkzeuglisten), die Anpassung der Bedienerführung usw.

5. Die Verfügbarkeit von Spezialprogrammen und Bibliotheken

CAD-Spezialprogramme, z. B. Kinematikanalysen, Abwicklungen, Erzeugung schattierter Darstellungen, Simulationsprogramme, NC-Programmierung und dergleichen sind unmöglich zu vernünftigen Kosten selbst erstellbar, sondern müssen bei Bedarf zugekauft werden. Ähnliches gilt für Bibliotheken für Normteile oder Werkzeugnormalien. Solche Erweiterungen sind für einfache Systeme kaum verfügbar, für teurere Systeme zumindest z. T. als zusätzliche Programmpakete erhältlich.

6. Die Integrationsmöglichkeiten

Integration von CAD mit anderen EDV-Systemen setzt die Offenlegung der Datenbankschnittstelle und die Unterstützung der gängigen standardisier-

ten Schnittstellen, z. B. IGES, Fortran, VDAFS, APT, EXAPT, COMPACT II, CLDATA voraus.

Zusätzlich bieten manche Hersteller auch Kopplungsprogramme zu spezifischen Programmpaketen an, z. B. zu einem PPS-System zur Stücklistenweitergabe.

7. Die Kosten je Arbeitsplatz

Gängige CAD-Systeme für den industriellen Einsatz gibt es zu Arbeitsplatzkosten ab öS 150.000,— bis öS 2.500.000,— und mehr.

Anhand der genannten Kriterien lassen sich nun 3 Systemtypen unterscheiden:

- Mikro-CAD-Systeme, die auf PC's basieren, dzt. praktisch reine Einzelsysteme sind und primär nur für 2-D-Geometrieverarbeitung und niedrige Datenmengen (A3-Zeichnungen) geeignet sind.
- Mini-CAD-Systeme, wobei jedem Arbeitsplatz ein eigener 32 bit Mini-computer (= workstation) zugeordnet ist, die sich durch ein lokales Netzwerk verbinden lassen, die über sehr gute 2-D- und gewisse 3-D-Möglichkeiten verfügen, im



2-D-Bereich praktisch unbeschränkte Datenmengen zulassen und gut anpaßbar und erweiterbar sind.

- Super-CAD-Systeme, auf sehr leistungsfähigen Mehrplatz-Minicomputern mit den meisten Möglichkeiten und der größten Flexibilität, aber besonders bei Installation eines einzigen Arbeitsplatzes sehr hohen Kosten.

Abb. 2 zeigt die Ausprägung der Klassifizierungsmerkmale bei den verschiedenen Systemtypen.

Überträgt man nun die Ergebnisse der Eigenanalyse in die Darstellung der Eigenschaften der verschiedenen Systemtypen, so läßt sich rasch eine Aussage über den jeweils geeigneten Systemtyp ableiten.

Im Fall der Austria Haustechnik GmbH ergab sich, daß ein »Super«-CAD-System den Anforderungen am besten entspricht:

3-D-Anwendungen sind in erheblichem Umfang gegeben, die zu verarbeitenden Datenmengen sind groß, interaktive, parametrisierte Konstruktion ist sehr vorteilhaft, Anpaßbarkeit, Erweiterbarkeit und die Anwendung von Spezialprogrammen werden ebenso benötigt wie eine Integration mit der NC-Programmierung und evtl. später mit der kommerziellen EDV.

Damit war als zweites die Frage nach dem geeigneten Systemtyp beantwortet.

Festlegung der Einstiegsconfiguration

CAD ist mit hohen Investitionen und hohem Schulungsbedarf verbunden. Bei der AHT GmbH war man sich daher bewußt, daß CAD nur schrittweise eingeführt werden kann.

Als Einstiegsconfiguration wurde eine Ausstattung mit je einem Bildschirmarbeitsplatz für die Geräte- und Werkzeugkonstruktion, 300 MB externe Speicherkapazität und ein Stiftplotter gewählt. CAD soll außerdem während der ersten 1 bis 2 Jahre primär zur Zeichnungserstellung eingesetzt werden. Danach soll die CAD-Nutzung um die Anwendung verschiedener Spezialpakete sukzessive erweitert werden.

Wirtschaftlichkeit

Die bis zu diesem Zeitpunkt durchge-

fürten Planungsschritte erlaubten sowohl eine Grobschätzung der CAD-Kosten mit einer Toleranz von $\pm 20\%$, als auch einige Aussagen zum CAD-Nutzen.

Der CAD-Nutzen wurde in dreifacher Hinsicht betrachtet:

- quantifizierbare Vorteile
- Vorteile in Hinblick auf die Umweltsituation
- langfristige Entwicklungstendenzen

Quantifizierbare Vorteile

Unter diesem Punkt wurde ermittelt, in welchem Ausmaß ein CAD-Beschleunigungsfaktor zu erwarten ist. Angaben hierzu in der Literatur schwanken zwischen 2 bis über 10 (vgl. [3], [4]).

Für die Beurteilung des erreichbaren Beschleunigungsfaktors bei der AHT GmbH wurde eine repräsentative Auswahl von Zeichnungen bestimmter Zeichnungsklassen mit aus der Literatur bekannten Beschleunigungsfaktoren zugeordnet. Die Klassenbildung erfolgte primär nach dem Kriterium Umfang der Kopier- und Makroanteile. Die so gewonnene Aussage wurde durch einen Vergleich mit Angaben von Beschleunigungsfaktoren für die Neu- und Variantenkonstruktion, deren Zeitanteile in der Tätigkeitsanalyse ermittelt wurden, noch verifiziert.

Als Ergebnis ließ sich ein Beschleunigungsfaktor von zumindest 2 bis 3 erwarten. Da CAD grob gesprochen die Kosten der Konstruktionsstunde in etwa verdoppelt, können damit die Zusatzkosten kompensiert und evtl. eine gewisse Kostensenkung erreicht werden.

Vorteile in Hinblick auf die Umweltsituation

Eingangs wurde auf einige Umweltgegebenheiten bei der AHT GmbH hingewiesen, die als Anforderungen stellen:

- Durchlaufzeiten zu senken
- Varianten mit geringem Aufwand zu erstellen
- Berechnungen zu vereinfachen

Diese Ziele sind bei der AHT GmbH mit CAD erreichbar, lassen sich aber praktisch nicht quantifizieren. Diese Vorteile äußern sich außerdem nicht nur in der Konstruktion, sondern auch in konstruktionsnachgelagerten Bereichen. Obwohl nicht quantifizierbar, wurde der CAD-Nutzen in Hinblick auf die genannten Umweltgegebenheiten sehr hoch bewertet.

Langfristige Entwicklungstendenzen

Der Computer führt längerfristig zu neuen Formen der Konstruktionsarbeit und ist Voraussetzung für detaillierte Berechnungen und Analysen, die insgesamt zu einem besseren Produkt führen.

Weiters kommt der Konstruktion die Aufgabe zu, Daten für die NC-Programmierung, Stücklistenverarbeitung, Arbeitsplanung, u. a. bereit zu stellen. Für einzelne Anwendungen, z. B. dem Fünf-Achsen-NC-Fräsen ist CAD fast Voraussetzung, da die Komplexität und der Umfang der nötigen geometrischen Berechnungen zur Werkzeugwegermittlung anders kaum bewältigbar ist.

Um diese Möglichkeiten selbst längerfristig nutzen zu können, hielt man bei der AHT GmbH einen raschen CAD-Einstieg für erforderlich.

Unter Berücksichtigung aller Nutzenkomponenten und der zu erwartenden Kosten entschloß man sich, das Projekt weiterzuführen und CAD-Offerte einzuholen.

Zu diesem Zweck wurde mit Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen bei der AHT GmbH ein Eigenchaftskatalog zur Beurteilung von Systemen ausgearbeitet und an etwa 10 bis 15 Anbieter versandt.

Mit diesem Schritt endete die Phase CAD-Konzept. Insgesamt erstreckte sich die Planungsphase bis zu diesem Punkt über etwa 2 Monate, der Arbeitsaufwand aller Beteiligten belief sich auf insgesamt nur 20 Manntage.

Mit relativ geringem Aufwand hatte man klare Verhältnisse in Hinblick CAD-Anwendung und CAD-Nutzen schaffen können.

Die nächste Projektphase, nämlich die Auswahl eines Systems, sollte zeigen, ob der gewählte Detaillierungsgrad der Analysen auch der Phase Evaluation entsprechen würde.

Mehr dazu in einem der nächsten Hefte.

Literatur:

- [1] ENCARNACAO, J. u. a.: CAD-Handbuch, Berlin 1984
- [2] REICHL, M.: CAD erfolgreich einführen, Zürich 1985
- [3] NEIPP, G.: Einführung von CAD/CAM als Teil der Unternehmensstrategie, in: VDI Berichte Nr. 492 (1983)
- [4] VANJA, S.: Bestimmung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von CAD-Systemen, in: ZWF 78 (1983), 2

