CAD - Umwälzung im Konstruktionsbüro der 80er Jahre

Autor(en): **Hossdorf, Heinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 50: **SIA-Heft 6**

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85595

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

CAD – Umwälzung im Konstruktionsbüro der 80er Jahre

Von Heinz Hossdorf, Basel

Auf Grund einer kritischen Übersicht über die Eigenschaften von Computerprogrammen auf dem weiten Gebiet der Technik, wird ein für all diese Programme gültiger, gemeinsamer Hintergrund gefunden, der die Substanz für die Schaffung von CAD-Grundsystemen liefern soll. Eine wichtige Eigenschaft aller Entwurfsprogramme wird, unabhängig von ihrem Anwendungsgebiet, in der Auseinandersetzung des menschlichen Geistes mit einem physischen Objekt gesehen. Programmsysteme, die das Werkzeug für diesen Dialog (über interaktive und graphische Funktionen) sowie die Mittel zur Definition und Modellierung von Objekten (allgemeinen Datenstrukturen innerhalb einer manipulierbaren Datenbank) zur Verfügung stellen, werden als CAD-Systeme angesehen. Die über CAD-Systeme erhaltenen Endergebnisse werden in drei Klassen aufgeteilt: Graphik, CAM (Computer Aided Manufacturing) und Berechnung.
Zudem werden zwei Generationen von CAD-Systemen unterschieden. Während über beide die gleichen Endergebnisse erzeugt werden können, unterscheiden sie sich grundlegend in ihrer Informationsstruktur:
Systeme der 1. Generation sind ein direktes Abbild der geläufigen, klassischen Informationsstruktur in der Technik. Der Mensch bleibt letzte Drehscheibe für den Informationsaustausch zwischen den drei Datenklassen. Der Mensch erzeugt und befragt technische Zeichnungen als Enddokument zur Beschreibung des Objektes; und
in Systemen der 2. Generation wird die Funktion der Informationsdrehscheibe durch ein vollständiges dreidimensionales Computermodell des Objektes übernommen. Dadurch entstehen funktionelle Zusammenhänge zwischen dem Modell und allen drei Datenklassen. Der Mensch verkehrt nur noch mit dem eindeutigen Modell des Objektes.
Die technischen Konsequenzen der CAD-Systeme der 2. Generation werden erläutert und deren einschneidende Auswirkungen auf die Wirtschaft der hochentwickelten Industrienationen skizziert.

L'étude critique des caractéristiques des programmes classiques élaborés pour les applications très diverses de la technique démontre l'existence d'une méthodologie commune à tous ces programmes. Cette méthodologie devrait constituer la base essentielle de la conception des systèmes CAD. Quel que soit le champ d'application ou la procédure de «design», l'interaction créative entre l'homme et l'objet physique se révèle comme étant l'aspect essentiel. Sont considérés comme systèmes CAD les programmes qui fournissent à la fois l'outil nécessaire à ce dialogue (fonctions graphiques et fonctions de dialogue) et les moyens de définir et modifier les objets (structures communes des informations dans une base de données manipulable). Les résultats finals obtenus en utilisant les systèmes CAD sont de trois types: représentation graphique, CAM (Computer Aided Manufacturing), et calculs.
Il faut en outre distinguer deux générations de systèmes CAD. Bien que les deux produisent les mêmes réultats finals, elles diffèrent fondamentalement dans leur structure d'informations:
Les systèmes de la première génération reflètent directement la structure classique d'informations propre à la technique. L'homme demeure la plaque tournante pour les échanges entre les trois types d'informations. L'homme crée et consulte des dessins techniques qui sont les documents finals décrivant l'objet.
Les systèmes de la deuxième génération font assumer le rôle de la plaque tournante par le modèle tri-dimensionnel complet de l'objet. Des relations fonctionnelles existent alors entre les trois types d'informations. L'homme ne dialogue plus qu'avec un modèle unique de l'objet.
Les conséquences techniques des systèmes CAD de la deuxième génération sont exposés et leur impact sur l'économie des nations industriellement développées est esquissé, avec quelques recommandations.

Based on a critical inventory of the characteristics of classical programs in the vast field of technology, the existence of a common background to all these programs is assumed. This background should provide the essence for the creation of basic CAD systems. An important aspect common to all design processes, independent of their application area, is seen in the creative interaction of the human spirit with a physical object. Programmed systems which provide the tool for this communication (interactively and graphically driven functions) and the means to define and modify objects (general data structures within a manageable data base) are considered CAD systems.
The final results obtained by CAD systems are divided into three classes: graphics, CAM (Computer Aided Manufacturing) and computation. Two generations of CAD systems are distinguished; while they may both produce the same end results they differ greatly in their information structure:
The first-generation systems directly reflect the classical information structure in the technological environment. Man remains the ultimate turntable for the exchange of information among the three data classes. Man creates and consults drawings which are the final documents describing the object; and
The second-generation systems where the turntable function is taken over by the complete three-dimensional computer model of the object, thus providing functional dependencies between the model and all three data classes. Man converses only with the unique model of the object.
The technical consequences of second-generation CAD systems are explained and a sketch of their impact on the economy of the developed nations, with some recommendations, is drawn.

CAD, Abkürzung für *Computer Aided Design,* ist heute zu einem über alle Sprachgrenzen hinaus festen Begriff geworden. Er soll die weltweiten Bestrebungen, den Computer zu einem geschmeidigen Werkzeug für den technisch Schaffenden aller Anwendungsrichtungen zu formen, zusammenfassen.
In dieser CAD-Welt sind seit Jahren umwälzende Entwicklungen im Gange, die in Kürze das *Konzept* der Computerverwendung im gesamten Bereich der Technik (und in einem weiten Bereich der Naturwissenschaften) von Grund auf transformieren werden. Diese unausweichlich auf uns zukommende Zäsur in der Informationsverarbeitung wird über kurz oder lang einschneidende Auswirkungen auf die Organisations- und Kostenstruktur aller mit technischen Planungsaufgaben in Berührung stehenden Betriebe haben. Das Thema CAD ist daher von höchster Aktualität für die Zukunftsplanung der betroffenen Unternehmen.
Die oben angedeuteten Entwicklungen stossen gleichzeitig in unterschiedliche Richtungen, und es soll hier versucht werden, den Weg und das Ziel dieser Vorgänge aus verschiedenen Blickwinkeln zu beleuchten und verständlich zu machen.

Die klassische Computerverwendung in der Technik

Ungezählte Programme sind im Bereich der Technik geschrieben worden. Mit dem Ziel, dieses Software-Kaleidoskop anschaulich in ein Bezugssystem einzuordnen, um es später von dem, was wir unter CAD verstehen wollen, abheben zu können, definieren wir ein Feld, das durch zwei Koordinaten aufgespannt ist. (Bild 1). In der einen Richtung des Feldes sind die Anwendungsbereiche (z. B. Fachbereiche der Ingenieurwissenschaften, Industriezweige ...), also die *gegenständlichen* Aufga-

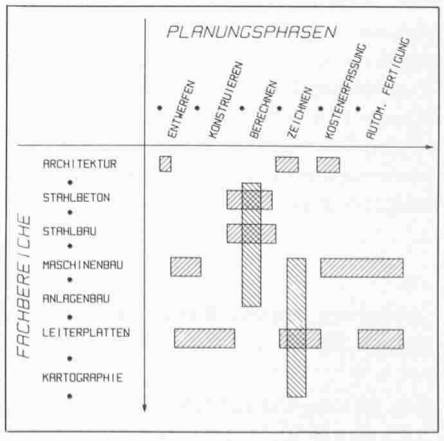


Bild 1. Gültigkeitsbereiche von Programmen in der Technik

ben, auf die sich die Programme beziehen, aufgezeichnet. In der andern Richtung reihen wir die *Tätigkeitsphasen*, die vom Menschen bei der Planung von technischen Objekten vom Entwurf bis zu ihrer Herstellung durchlaufen werden, auf.

Zeichnet man nun den Gültigkeitsbereich einzelner Programme in das eben definierte Schema ein, so stellt man fest, dass die weitaus überwiegende Zahl *punktförmigen* Charakter haben. Sie behandeln jeweils ein spezifisches Problem innerhalb eines engen Anwendungsbereiches (z. B. Stabilität einer Stützmauer usw.) und stehen normalerweise in keinem Zusammenhang zu andern Programmen, die vielleicht an anderer Stelle zur Behandlung des gleichen Gegenstandes verwendet werden (z. B. Zeichnungsprogramme). Programme mit grösserem Gültigkeitsbereich haben *linearen* (horizontalen oder vertikalen) Charakter. Zu diesen gehören solche, die einige Planungsphasen miteinander verknüpfen (z. B. geometrischer Entwurf von Leiterplatten mit anschliessender automatischer Erzeugung der Lochstreifen zur Steuerung der Bohrmaschinen) oder die in mehreren Fachgebieten Gültigkeiten haben (z. B. Finite Elemente, Kinematik ...) Dieser durch eine Anhäufung von Insellösungen charakterisierte Zustand hat offensichtlich noch nichts mit der eingangs erwähnten Vorstellung über den CAD als einen nahtlosen informatorischen Begleiter des Konstrukteurs über alle Entwurfsphasen hinweg zu tun.

Nun stellt man aber bei näherer Betrachtung der erwähnten Programme im technischen Bereich fest, dass sie trotz ihrer schillernden Mannigfaltigkeit und unterschiedlichen Ansiedlung in unserem Schema immer wiederkehrende, gemeinsame Problemstellungen enthalten, die für jeden Einzelfall schlecht und recht von neuem gelöst werden. Gelingt es, diesen *gemeinsamen Hintergrund* der Programme, der die ganze Fläche des Schemas bestreicht, zu definieren und in einem Softwaresystem einzufangen, so wären damit zwei wesentliche CAD-Vorstellungen erfüllt:

1. Es können nun spezifische Anwendungsprogramme weit höherer Qualität mit einem Bruchteil des bisherigen Aufwandes entwickelt werden;
2. Es wird durch die Kompatibilität der Datenstrukturen ein freier Austausch der Information aus verschiedenen Programmen möglich.

Zur Aufdeckung dieser verbindenden Gemeinsamkeiten wollen wir als weitere Dimension den Menschen mit in die Betrachtung einbeziehen.

Mensch – Objekt

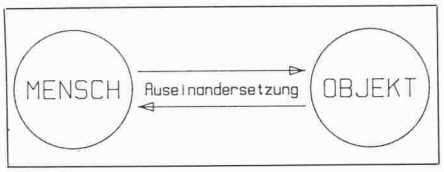


Bild 2. Interaktion Mensch-Objekt

Der schöpferische Prozess des technischen Entwerfens lässt sich auf eine für alle Anwendungsbereiche gleichermassen zutreffende Eigenschaft zurückführen: Er besteht aus einer *Auseinandersetzung* des menschlichen *Geistes* mit einem im Entstehen begriffenen physischen *Objekt*. Wenn es das Ziel des Computer Aided Design ist, in diesen Prozess helfend einzugreifen, so haben wir mit der obigen Feststellung zwei für den CAD notwendigerweise charakteristische Eigenschaften erkannt:

1. Das CAD-System muss dem Konstrukteur das Werkzeug für seine Auseinandersetzung mit dem Entwurfsgegenstand in die Hand geben und
2. Es muss die im Laufe des Entwurfsprozesses anfallende Information über das Objekt jederzeit zugreifbar und in jeder Hinsicht modellierbar sein.

Wir wollen in Zukunft die Erfüllung beider Postulate als Minimalforderung an Programme, die sich zur CAD-Familie zählen dürfen, betrachten.

Werkzeuge, die dem Computerlaien (in diesem Falle dem Entwerfer, Konstrukteur, Ingenieur, Architekt, also Menschen, die ihre Aufmerksamkeit unbelastet von Bedienungsproblemen voll der Lösung ihrer technischen Aufgabe widmen wollen), wie im *ersten Postulat* gefordert, den Umgang mit Programmsystemen zu einer angenehmen, ja reizvollen Betätigung werden lassen, sind weltweit in laufender Entwicklung begriffen. Diese Bestrebungen zur Verbesserung der sogenannten «Kommunikation Mensch/Maschine» beginnen bei der *logischen Struktur* der Programme, die durch hochgradige Modularisierung nach Wunsch auf verschiedenartigsten Wegen ablaufen können und so zu einem organischen Instrument in der Hand des Entwerfers werden; und enden beim Ersatz des elementaren *Kommunikationsmittels*, des alfa-numerischen Datenaustausches, durch direkte sinnliche (optische, akustische) Interaktion. Diese Möglichkeiten sind heute bei weitem noch nicht ausgeschöpft, nicht zuletzt deshalb, weil sie auch eng mit dem Entwicklungsstand der Hardware verwoben sind.

In heutigen CAD-Programmen stehen *Dialog*systeme im Vordergrund, in denen die Kommunikation des Benutzers mit dem Computer über eine anwendungsorientierte *Sprache* erfolgt. Als Kommunikationsmittel dient meistens ein *Bildschirmterminal*. Die Anwendung der sogenannten *Menu*technik entlastet den Konstrukteur von der Kenntnis über Einzelheiten des inneren Aufbaus der von ihm benutzten Programme. Nach Anstoss eines für den Benutzer anschaulichen, globalen Prozesses (z. B. «Schneide durch einen Körper», «Erzeugung einer Zeichnung» usw.) wird er über Meldungen am Bildschirm durch die korrekte Programmbenutzung (Aufforderung zur Dateneingabe, Status-, Fehlermeldungen usw.) geführt (Dialog). An Verzweigungsstellen werden dem Benutzer alle im Programm vorgesehenen Entscheidungsmöglichkeiten als Verzeichnis aufgezählt (Menu); der Benutzer hat nur eine der angebotenen Optionen zu wählen.

Von besonderer Bedeutung für die Bedienung von CAD-Systemen ist die *graphische Interaktion*. Die im Konstruktionsprozess entstehende Geometrie wird (evtl. simultan mit dem Dialog) am Bildschrim dargestellt. Modifikationen an der Konstruktion werden unverzüglich sichtbar gemacht.

Die Erfüllung des *zweiten Postulates* setzt die Existenz einer *Datenbank* voraus. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse und Zwischenergebnisse des Entwurfsprozesses in organisierter Form auf externen Medien (Disc, Magnetband) gespeichert bleiben und jederzeit wieder selektiv zur Weiterverarbeitung in den Arbeitsspeicher des Computers gerufen werden können. Dieses *technologische Informationssystem, von dessen Aufbau die Leistungsfähigkeit eines CAD-Systems entscheidend abhängt*, lässt sich auf vielerlei Weisen strukturieren und für die verschiedensten Zwecke einsetzen. Auf die Datenbank als informationstechnisches Problem soll hier aber nicht weiter eingetreten werden.

Hingegen fragen wir uns nun nach dem *Inhalt* und den inneren Zusammenhängen der hier gespeicherten Information sowie ihre Beziehung zum Menschen.

Zwei CAD-Generationen

Man beginnt, zwei grundlegend wesensverschiedene Kategorien von Informationssystemen für den Computer Aided Design zu unterscheiden:

- Eine *erste Generation* von CAD-Systemen, welche die in den technischen Planungsbüros heute bestehende Informationsstruktur ohne Modifikation übernimmt und abbildet. Hier ändert das CAD-System ausschliesslich die *Form* der Informationsspeicherung, nicht jedoch ihren Inhalt. Verschiedene praxisreife Systeme dieser Art sind heute auf dem Markt.
- Die *zweite Generation* von CAD-Sy-

stemen bringt einen revolutionären Eingriff in die herkömmliche Informationsstruktur, indem sie einen neuen, erst durch die letzten CAD-Entwicklungen erzeugbaren Informationstyp von zentraler Bedeutung einführt: die *computerinterne Darstellung des vollständigen räumlichen Objektes*, d. h. des Entwurfsgegenstandes selbst. In den Bildern 3 und 4 sind die beiden Informationsstrukturen einander gegenübergestellt (siehe Farbtafel, S. I).

Die im Laufe des Entwurfs- und Konstruktionsprozesses *über* das bearbeitete Objekt erzeugte Information sei für die folgende Betrachtung in drei Kategorien eingeteilt:

1. Die Computergraphik (durch den Computer generierte bildliche Information wie Konstruktionszeichnungen, graphische Darstellungen, Fernsehbilder usw.). Sie ist in allen Anwendungsbereichen fester Bestandteil von CAD-Systemen.
2. Ergebnisse physikalisch-technischer Berechnungen.
3. CAM (Computer Aided Manufacturing), d. h. Daten für die Steuerung von Werkzeugmaschinen zur Herstellung des Objektes.

Die obige Information kann über CAD-Systeme beider Generationen in identischer Form erzeugt werden. Ihr *Erzeugungsweg* und die entstandenen *inneren Beziehungen* sind hingegen grundlegend verschieden.

In der *klassischen* Struktur bleibt der Mensch einzige Informationsdrehscheibe. Die Computergraphik ist, wie wir dies gewohnt sind, zentraler technischer Informationsträger. Die Pläne werden im Laufe der Konstruktionsentwicklung nachgeführt und bei Bedarf vom Benutzer konsultiert. Die Programme der übrigen zwei Bereiche benötigen jeweils eine meist umfangreiche Vorbereitung von Eingabedaten, die, obwohl sie dominant aus der Geometrie desselben Objektes bestehen, für jedes Programm unterschiedlich sind. Ein Zusammenhang zwischen diesen Eingabedaten, die vom Menschen für das Programm aufbereitet werden, besteht nicht. Daran ändert auch die Entwicklung von sogenannten «Präprozessoren» grundsätzlich nichts.

Völlig anders wird das Bild, wenn an Stelle des Menschen das vollständige dreidimensionale Modell einschliesslich technischer Merkmale als Informationsdrehscheibe tritt. Da das Modell die eindeutige, nichtredundante Beschreibung des Objektes enthält, *verliert die Konstruktionszeichnung ihre Unersetzlichkeit* als technischer Informationsträger. Der Konstrukteur konsultiert und modifiziert nun nicht mehr den Plan, sondern das Modell. Durch die Existenz des räumlichen Objektmodelles wird die Computergraphik jedoch auf andere Weise bedeutend *aufgewertet:* räumliche Darstellungen der technischen Gegenstände können nun mit geringem Aufwand automatisch erzeugt werden.

Die Eingabeaufbereitung für die zwei übrigen Programmtypen kann nun, soweit es die Geometrieeingabe betrifft, vollautomatisch geschehen. Die Präprozessoren werden durch auf das zentrale Modell wirkende Postprozessoren ersetzt. Die Programme benötigen vom Benutzer einzig Ergänzungsangaben, die sich nicht aus dem Modell ableiten lassen (z. B. Belastungsangaben in Statikprogrammen; Projektionsart, Massstab, Darstellungsform in der Graphik; Werkzeug- und Materialeigenschaften im CAM-Programm). Diese wenigen Angaben genügen, um das Ergebnis der Programmabläufe zu determinieren. Im übrigen konzentriert sich die Tätigkeit des Menschen auf die direkte Auseinandersetzung mit dem Objekt, d. h. mit der Erzeugung und Veränderung des eindeutigen Modelles, bis seine endgültige Gestalt mit all seinen Merkmalen (das Produkt) definiert ist. Die gesamte periphere Information *über* das Objekt kann jederzeit vollautomatisch und widerspruchsfrei auf den neuesten Stand gebracht werden.

Technische und organisatorische Auswirkung von CAD-Systemen

Schon die Systeme der ersten Generation können je nach dem Betrieb, in dem sie verwendet werden, bedeutende Rationalisierungseffekte auslösen. Die Auswirkungen betreffen u. a. die folgenden Gesichtspunkte:

- Graphische Dokumente hoher Qualität können mit wenig Aufwand rasch durch jedermann hergestellt werden (z. B. für Information, Werbung usw.). Dies kann als eine Parallelentwicklung (oder graphische Ergänzung) zur heute aktuellen Textverarbeitung betrachtet werden.
- Halbautomatische Erstellung von Konstruktionszeichnungen, Plänen usw. Diese Anwendung liegt in Betrieben, wo die Graphik Selbstzweck ist (z. B. Kartographie) auf der Hand, gilt aber auch für das Konstruktionsbüro.
- Speichern der graphischen Information in digitaler Form in Verbindung mit einer jederzeit zugreifbaren Datenbank. Modulares Manipulieren der graphischen Elemente (Modifizieren, Duplizieren, Kombinieren usw.). Die herkömmlichen Archivierungsmethoden von graphischen Dokumenten bis hin zur Mikrofilmtechnik werden über kurz oder lang durch digitale Techniken abgelöst.

Aber erst die Systeme der zweiten Generation bringen den entscheidenden Einbruch in die vertrauten Planungsmethoden:

Über die (auch weiterhin gültigen) Auswirkungen der Systeme der ersten Generation hinaus bringt die *Existenz* des dreidimensionalen Objektmodelles eine wesentliche Steigerung der graphischen Qualität. Durch die automatische Erzeugung *plastischer* bildlicher Darstellungen des Raumes (Perspektiven, Axonometrien, Explosionen mit oder ohne Berücksichtigung verdeckter Kanten und Flächen, Schattenwurf, Schattierung, Reflexe, Farbeffekte usw.), eröffnen sich der Bildinformation neue Dimensionen ungeahnter Qualität (Bild 6–14, wovon 9–14 auf Farbtafel, S. II und III).

Die funktionale *Reproduzierbarkeit* der verschiedenen Dokumente aus dem zentralen Ojektmodell führt durch Kurzschluss und Ausschaltung ganzer Informationswege zu einer wesentlich sichereren und transparenteren Struktur der technischen Information im Konstruktionsbüro:

- Änderungen am Objekt werden mit einem Bruchteil des gewohnten Aufwandes an einer *einzigen Stelle*, an seinem Modell vorgenommen. Die abhängigen Dokumente (oder Berechnungsergebnisse bzw. CAM-Daten) werden automatisch korrigiert. Der gesamte Dokumentationssatz über ein Objekt ist daher in jedem Augenblick fehlerfrei, vollständig und ohne innere Widersprüche.
- An den Modellen ein- und desselben Objektes können *gleichzeitig mehrere Konstrukteure* arbeiten. Der jeweilige Entwurfsstand der Teilmodelle kann durch jeden von ihnen in jedem Augenblick auf Wunsch abgerufen werden. Ein Datenschutzsystem sorgt dabei, falls notwendig, für die Überwachung der Informations- und Manipulationsbefugnisse der Teilnehmer.
- Da die Modelle die gesamte Information über das Objekt enthalten, kann auf die langfristige Archivierung der reproduzierbaren Dokumente verzichtet werden. Dies bedeutet eine *Einsparung an Platz- bzw. Speicherbedarf* gegenüber der heute auszubewahrenden graphischen Information von weit über 90 Prozent.
- Durch Modifizieren und neues Zusammenstellen von bestehenden Modellen zu neuen Objekten können insbesondere *Konstruktionsvarianten* in kürzester Zeit erstellt und auch dokumentiert werden.

Während in den USA und Europa schon weit über tausend CAD-Systeme der ersten Generation (meist als schlüsselfertige, interaktive Arbeitsplätze mit Hardware und Software) im täglichen praktischen Betrieb stehen, erfüllt bis heute noch kein kommerziell verfügbares System die oben beschriebenen Vorstellungen über die zweite Generation in vollkommener Weise. Die Vollendung solcher Systeme, deren prinzipiel-

le Realisierung neben der Formulierung des konzeptionellen Lösungsweges ein reines Software-Problem ist, steht jedoch vor der Tür.

Drei Software-Ebenen

Kommen wir nun zum Ausgangspunkt dieser Betrachtung, dem Schema in Bild 1 zurück, so können wir feststellen, dass mit der inzwischen erfolgten Umschreibung von CAD-Systemen der Inhalt des gesuchten gemeinsamen Hintergrundes gefunden und definiert ist.
Mit den Strukturen und Funktionen dieser interdisziplinären CAD-Systeme (wir wollen sie von nun an Basis-Systeme nennen) kann der Benutzer ohne weiteres Zutun je nach seinem Fachgebiet schon einen mehr oder minder breiten Bereich seiner Tätigkeiten mit Hilfe des Computers bequemer gestalten, beschleunigen und qualitativ verbessern. Die Basis-Systeme können jedoch in den wenigsten Fällen sämtliche CAD-Wünsche eines Anwenders voll befriedigen. Sie müssen zu diesem Zweck durch spezifische Programme ergänzt werden. Diese sollen aber nicht mehr wie bis anhin «frei im Raum schweben», sondern auf die gemeinsame CAD-Datenbank für die Entnahme von Information zugreifen und ihre Ergebnisse dort speichern können. Ausserdem werden bei der Entwicklung solcher «externer» Programme im CAD-System vorhandene Funktionen verwendet. Damit kommen diese Programme bei reduziertem Programmieraufwand automatisch in den Genuss der Qualitäten des Basis-Systems und sind in das CAD-System integriert.
Wie in Bild 5 schematisch illustriert, kann man nach dem Grad der Allgemeingültigkeit die CAD-Software hierarchisch in Programme dreier Ebenen einteilen:

1. CAD-Basissoftware.
2. Fachbereich- oder problemorientierte Software.
3. Benutzerspezifische Programme.

Diese drei Ebenen entsprechen nun, nur in anderer Darstellungsweise, genau den drei im ersten Schema schon unterschiedenen Programmtypen, die entweder die ganze Fläche bestreichen, linien- oder punktförmig sind, mit dem Unterschied, dass die Programmtypen 2 und 3 nunmehr in den gemeinsamen Hintergrund eingebunden sind.
Im Idealfalle besteht das CAD-System eines spezifischen Anwenders also aus einem CAD-Basissystem mit einer für ihn optimalen Auswahl von Programmen der 2. und 3. Ebene.

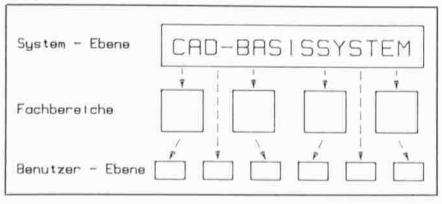


Bild 5. Hierarchie der CAD-Software

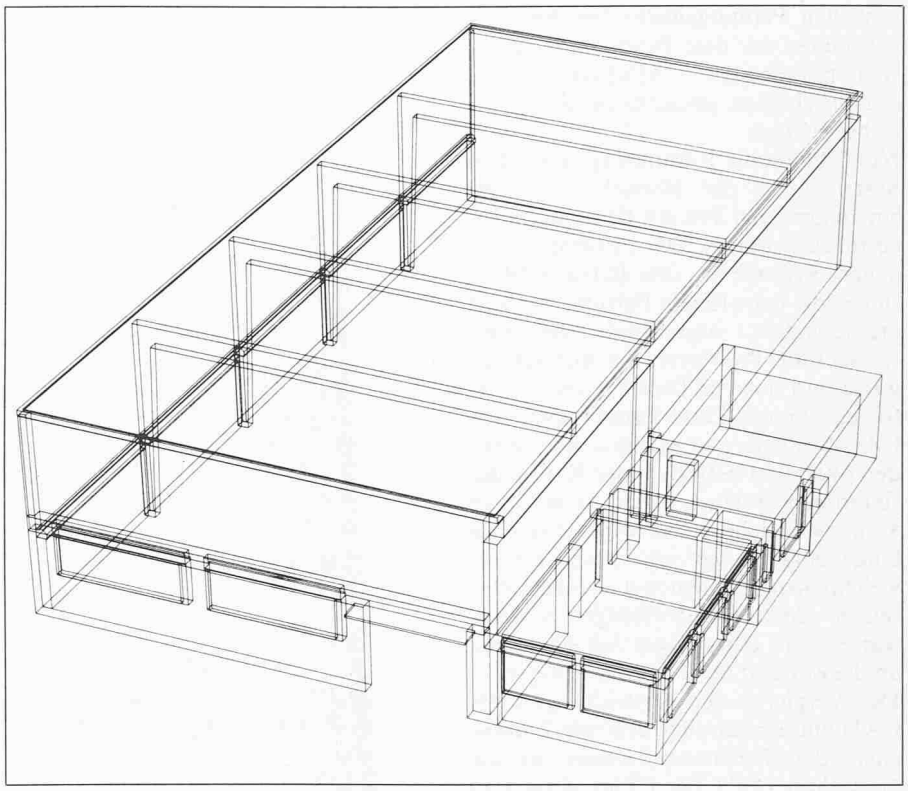


Bild 6. Zentralperspektivische Ansicht eines im Computer als dreidimensionales Modell gespeicherten Bauwerkes. Die graphischen Darstellungen in den Figuren 5 bis 7 wurden mit dem CAD-System der 2. Generation ITS (Interdisziplinäres Technologisches System), das im Laboratorium H. Hossdorf entwickelt wurde, erzeugt. Auch die schematischen Illustrationen im Text sind über das System gezeichnet worden

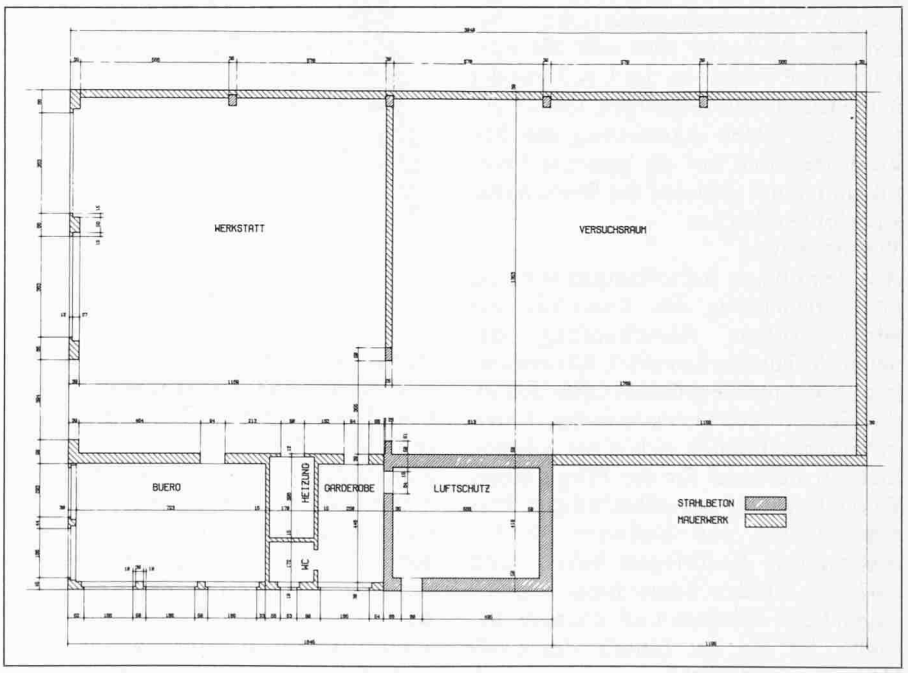


Bild 7. Die Geometrie des Grundrissplanes wurde über ein CAD-System der 2. Generation durch horizontales Schneiden des Modelles vollautomatisch erzeugt

Volkswirtschaftliche Aspekte

Die hochentwickelten Industrienationen sehen heute in der Verbesserung der Planungsprozesse in der Technik das grösste unausgeschöpfte Rationalisierungspotential. Diese Feststellung sei dadurch verdeutlicht, dass z. B. in der Maschinenindustrie 40–50 Prozent der Herstellungskosten eines Produktes auf betriebsinterne Informationsverarbeitung fällt (nach *Piero Hummel* an der Delegiertenversammlung des Schweizerischen Handels- und Industrievereins (Vorort), NZZ 15./16. Sept. 1979). Dieser Ruf der Industrie und selbstverständlich auch der reinen technischen Dienstleistungsbetriebe (grössere Architekt- und Ingenieurbüros) nach ver-

besserten Planungsmethoden fällt nun zusammen mit dem Erscheinen der ersten praxisreifen CAD-Systeme, die sich anschicken, genau dieses Bedürfnis zu befriedigen.

Nun ist aber die Einführung von CAD-Systemen in der Wirtschaft nur zu einem geringen Teil ein finanzielles Investitionsproblem. Die Integration der neuen Systeme in den Betriebsablauf stellen die betroffenen Betriebe vor weit gravierendere organisatorische und strukturelle Probleme, die nur schrittweise und mit viel Umsicht geplant erfolgen können. Dazu kommt, dass sich CAD-Systeme naturgemäss in laufender Evolution befinden, der Kauf eines fixfertigen Systems, daher kaum je «ab Stange» beziehbar sein wird. Wer allzu lange zögert, sich mit diesen unausweichlichen Problemen auseinanderzusetzen oder wer auf «fertige» Systeme wartet, wird eines Tages den Anschluss an die Zukunft teuer bezahlen müssen.

Der Vergleich der Auswirkungen des CAD mit den kürzlich erlebten Einbrüchen der Datenverarbeitung in die Wirtschaft (1977 der Computersatz in der Druckindustrie und heute die Ausbreitung der Textverarbeitung) wird der Bedeutung des CAD nicht gerecht. In beiden Beispielen bleiben die Wirkungen trotz ihrer Bedeutung auf klar abgegrenzte Anwendungsbereiche beschränkt. Viel eher lässt sich die wirtschaftliche Tragweite des CAD mit der heute jedermann geläufigen, vielschichtigen und tiefen Auswirkung der Mikroprozessoren auf die gesamte Technik und damit auch auf die Wirtschaftsstruktur vergleichen.

Was ist zu tun?

Aus den obigen Bemerkungen wird die vitale Bedeutung des *Know-how* zur wirkungsvollen Ausschöpfung der neuen Möglichkeiten des CAD ersichtlich. Aber nur die grössten unter den industriellen oder Dienstleistungs-*Unternehmungen* können sich einen eigenen Stab an Personal für die Pflege dieses Know-how und zur selbständigen Programmierung von Software für betriebsinterne Bedürfnisse halten. Und auch sie werden keine Basis-Systeme entwickeln. Mittlere und kleinere Betriebe, für die der Einsatz des CAD gleichermassen wichtig ist, müssen sich zur Anpassung von Software an ihre spezifischen Bedürfnisse an spezialisierte Softwarefirmen wenden und im übrigen mit dem Problem der Einführung und des Betriebs bestehender Systeme beschränken. Aber schon dies geht nicht ohne ein Minimum an betriebsinternen Kenntnissen über CAD. Innovationsfreudige Unternehmen beginnen daher heute, sich auf den kommenden Wandel einzurichten.

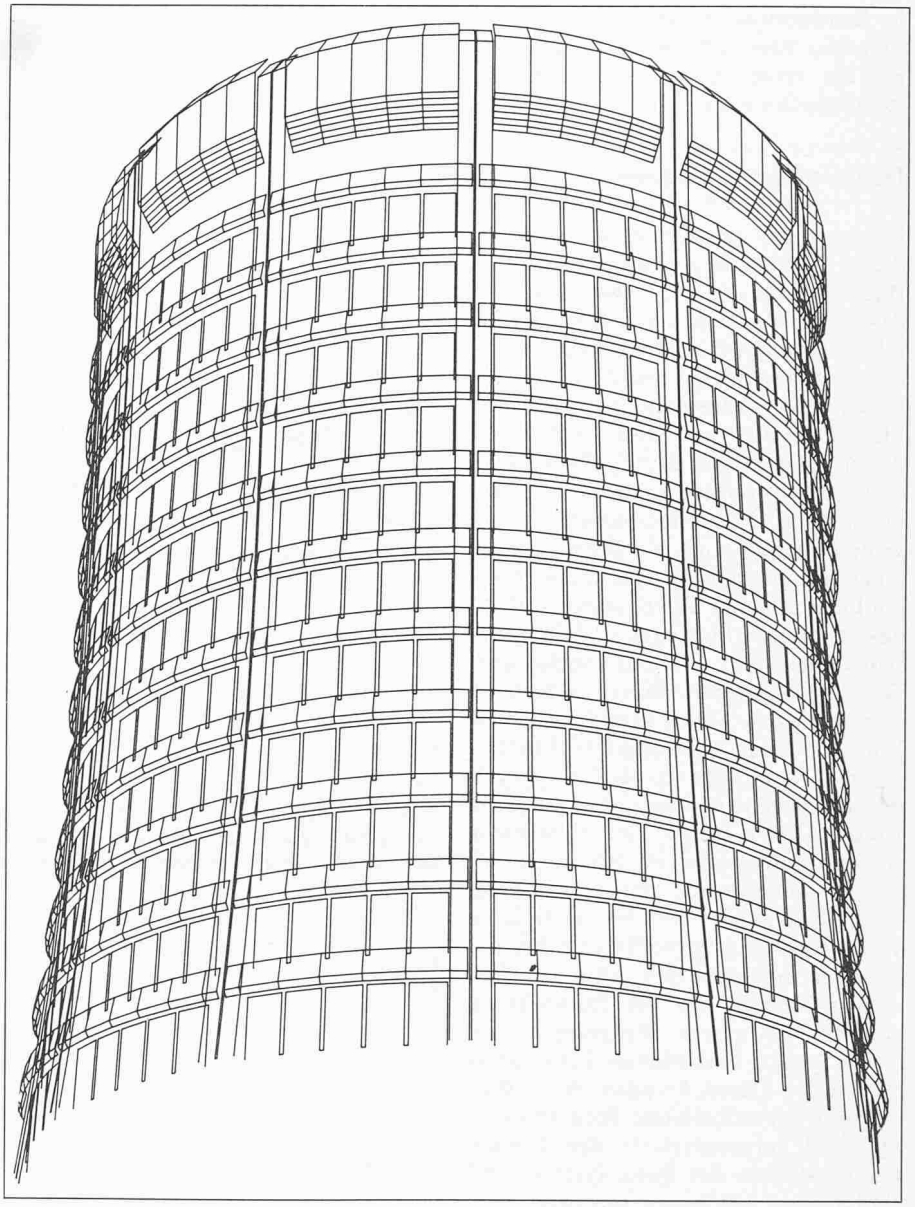


Bild 8. Zentralperspektive eines bekannten architektonischen Wahrzeichens in Basel

Die erwähnten *Softwarehäuser* sind ausser für die Beratung und Unterstützung der CAD-Anwender Träger des Know-how über die Basis-Systeme und verantwortlich für ihre Entwicklung und Pflege. Sie erfüllen damit eine lebenswichtige volkswirtschaftliche Funktion von rasch wachsender Bedeutung.

Der Computer Aided Design als ein modernes Gebiet für *Lehre und Forschung* mit seinen vielschichtigen, teils ungelösten und herausfordernden Problemen ist z. B. in den USA, einigen europäischen Ländern und Japan längst erkannt worden. Es bestehen dort schon Aberdutzende von CAD-Instituen, Lehrstühlen und Professuren. Es ist also auch für die Technischen Hochschulen und Höheren Technischen Lehranstalten sowohl aus wissenschaftlichem als auch aus volkswirtschaftlichem Interesse eine dringende Aufgabe, sich dem zukunftsweisenden Betätigungsfeld des CAD zuzuwenden.

Adresse des Verfassers: *H. Hossdorf*, Postfach, 4025 Basel

formationsprobleme zwischen den Baupartnern werden heute noch fast ausschliesslich in konventioneller Art ausgetauscht, d.h. auf Papier, mit Telefon oder an Besprechungen.

Computernahe Planungsmethoden

Verschiedene Planungsmethoden z.B. aus dem Bereich des *Operations Research* können sinnvoll erst unter Anwendung der EDV eingesetzt werden. Auf dem technischen Sektor haben diese neuen Methoden z.T. bereits Einzug gehalten, auf dem organisatorischen Sektor hingegen bestehen noch kaum entsprechende Einsätze.

Voraussichtliche, mittelfristige Entwicklung

Bauadministration

Bei der Beurteilung der Entwicklung des Computereinsatzes in der Bauadministration muss von der Struktur des Baugewerbes ausgegangen werden. Bei praktisch allen am Bau Beteiligten finden wir, wie kaum in einer anderen Branche, *beträchtliche Unterschiede in der Grösse und Komplexität der Organisation*. Die Hälfte der im Bauwesen tätigen Firmen beschäftigen weniger als vier Personen und über ein Viertel sind Einmannbetriebe.

Die Anforderungen an die Bauadministration weisen bei diesem breiten Spektrum der Grössen eine ebenso *breite Fächerung* auf. Für den kleinen privaten Bauherrn wird sich die Bauadministration auf seine Verbindung zur Bank beschränken, beim grossen, professionellen Bauherrn hingegen wird sie für die *Erarbeitung von Führungszahlen und Auswertung erstellter Bauten* herangezogen werden müssen. Von manchem Handwerker wird die Bauadministration als notwendiges Übel angesehen, von der Grossfirma hingegen wird sie als *Grundlage für die Geschäftsführung* benötigt. Die Bedürfnisse des Planers an die Bauadministration richten sich weniger nach seiner eigenen Grösse als nach der Grösse der abgewickelten Bauvorhaben. Sein Administrationsaufwand kann also im Gegensatz zu den beiden andern Partnern nicht als Konstante angesehen werden. Zudem hat er sich meist nach den Wünschen und Anforderungen seines Auftraggebers zu richten. Dieser Vielfalt der Anforderungen an eine Bauadministration überlagern sich während des Ablaufs eines Projektes sehr vielfältige, jedoch zeitlich begrenzte Beziehungen zwischen den verschiedenartigen Baupartnern.

Eine *mittelfristige Prognose* für die Entwicklung der EDV in der Bauadministration kann nur gleichzeitig mit der *Frage nach Aufwand und Nutzen* gestellt werden. *Für kleinere und mittlere Betriebe wird kaum ein relevanter Rationalisierungseffekt zu erreichen sein*. Hingegen wird eine *qualitative Verbesserung* der eigenen Administration und der Dienstleistungen zu Gunsten anderer Partner realisierbar werden. Die uneinheitliche Systematik in der ganzen Baubranche kann auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der Baupartner zurückgeführt werden und ist für den Einsatz der EDV nicht förderlich. Wohl konnte man sich an verschiedenen Orten auf die wichtigsten Grundbegriffe einigen, bei den Definitionen und bei der Systematik werden aber vermutlich noch für längere Zeit wesentliche Unterschiede bestehen bleiben.

Anderseits darf festgehalten werden, dass die Entwicklung der Datenverarbeitung insbesondere auf dem Hardwaresektor der vielfältigen Struktur des Baugewerbes entgegenkommt. *Der Computer wird für mittlere Betriebe erschwinglich. Aber auch kleinen Betrieben muss der Zugang zum Computer nicht verschlossen bleiben*. Ihnen steht besonders auf dem Gebiet der Bauadministration die Verarbeitung ausser Haus offen, eine Lösung, die in jedem Fall prüfenswert ist, weil von einer bestehenden, fachlich kompetenten Organisation profitiert werden kann. Der Anschluss mittels Terminal an ein Rechenzentrum wird für die Bauadministration die Ausnahme sein.

Diese Aussagen werden erhärtet durch die Tatsache, dass in den letzten Jahren trotz allem eine beachtliche Entwicklung der EDV-Anwendungen in der Baubranche stattgefunden hat. So haben die eigenen Anlagen z. B. von 1977 bis 1978 um 11 Prozent zugenommen. Die Zahl der Terminals hat sich im gleichen Zeitraum fast verdreifacht, wobei wie erwähnt ein grosser Anteil für technische Berechnungen eingesetzt werden dürfte und nicht für die Bauadministration. Die sogenannte mittlere Datentechnik stagnierte, hingegen nahmen die Kunden von Rechenzentren bzw. Servicebüros im genannten Zeitraum um 56 Prozent zu. Nach wie vor dürften jedoch nach persönlichen Schätzungen die EDV-Anwender in der Baubranche lediglich einen Anteil von weniger als 5 Prozent ausmachen. Mit welcher Geschwindigkeit die Entwicklung weiter verläuft, ist abhängig von der Unterstützung durch die EDV-Branche, muss sie doch in die Kleinbetriebe vorstossen, die keine eigene EDV-Infrastruktur aufbauen können.

Projektmanagement

Jedes Bauvorhaben (= Projekt) führt grundsätzlich zur Zusammenarbeit mit neuen Partnern. Während der Abwicklung eines einzelnen Projektes bestehen sehr umfangreiche temporäre Verflechtungen und Beziehungen zwischen den Baupartnern. Der Aufwand für das Projektmanagement ist abhängig von der Projektgrösse, und wie bei der Bauadministration findet man auch hier eine riesige Spannweite.

Hauptaufgaben des Projektmanagement sind die Baukostenplanung und -überwachung sowie die Terminplanung und -überwachung. Das Vertragswesen nimmt eine Zwischenstellung zwischen Projektmanagement und Bauadministration ein. Heute werden für die Baukostenüberwachung und die Terminplanung bei Grossprojekten Computer verwendet , d. h., dass sich von einer bestimmten Grösse des Bauvorhabens an der Einsatz der EDV bei der Kostenüberwachung und bei der Terminplanung lohnt.

Bevor Entwicklungstendenzen der EDV abgeschätzt werden können, muss auch im Bereich des Projektmanagement wie bei der Bauadministration vorerst nach *Aufwand und Nutzen* gefragt werden. Es bestehen vielerlei Kriterien, die den Einsatz der EDV fördern oder zur Bedingung werden lassen. Einmal ist der Umfang und die Komplexität eines Bauvorhabens eine massgebende Einflussgrösse. Von irgendeiner Grösse an wird das Bauvorhaben so komplex, dass zu Führungshilfsmitteln gegriffen werden muss. Als Beispiel sei der Netzplan genannt, der für die Terminplanung von mittelgrossen Bauten bereits sinnvoll verwendet werden kann. Bei grösseren Vorhaben, bei denen die Anzahl der Aktivitäten im Netzplan eine bestimmte Grösse überschreitet, wird auch die EDV wirtschaftlich.

Zum zweiten können gewisse Randbedingungen einzelner Baupartner zum Einsatz der EDV in einem Projekt führen. Diesen Druck findet man sehr oft bei professionellen Bauherren, die aus Gründen der Gesamtübersicht über alle Projekte auf eine einheitliche, durch EDV unterstützte Bearbeitung aller Projekte drängen. Zum Dritten ist zu erwähnen, dass gewisse Organisationsformen im Bauwesen den EDV-Einsatz begünstigen. Es sei dabei an die Formen des Generalunternehmers und Totalunternehmers erinnert, die aus der Struktur heraus ähnlich wie die professionellen Bauherren am Einsatz der EDV interessiert sind.

Es werden aber letztlich in nächster Zeit die *qualitativen Anforderungen an das Projektmanagement wesentlich erhöht werden*. Interpretiert man Projektmanagement umfassend in dem Sinne, dass damit die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Bauwerkes gemeint ist, wird die Forderung nach erhöhter Qualität verständlich. Nicht nur in Auslandsverträgen werden Garantien für Investitionskosten, Termine und Betrieb verlangt, auch die Probleme auf dem Energiesektor zwingen zu einer minutiösen Überwachung der Gesamtwirtschaftlichkeit

eines Bauwerkes. Mit diesen Forderungen wird aber die menschliche Fähigkeit zur Beurteilung einer Gesamtsituation mit klassischen Methoden überfordert sein und es muss zu Methoden des Operations Research gegriffen werden. Immer mehr werden sich in diesem Zusammenhang *Probleme der Optimierung* von Massnahmen stellen und diese werden wiederum nur lösbar sein, wenn auf der einen Seite ein grosses Potential von Erfahrungswerten steht und auf der anderen Seite die entsprechenden Hilfsmittel bekannt und verfügbar sind. Meist bedingen diese Methoden, sollen sie wirtschaftlich angewendet werden, den Einsatz der EDV.

Soll die Entwicklung der EDV im Projektmanagement beurteilt werden, muss zweifellos mit einem *Vormarsch des Computers* auf diesem Gebiet gerechnet werden. Hier liegt noch ein breites Betätigungsfeld, um so mehr als die entsprechenden Computer-Programme in letzter Zeit benutzerfreundlicher geworden sind. Dieser Trend der Benutzerfreundlichkeit, verbunden mit dem Computer am Arbeitsplatz, wird sich fortsetzen. Aber hier wird kaum eine Rationalisierung des Projektmanagements an sich herausschauen als vielmehr eine qualitative Verbesserung zu Gunsten einer optimalen Projektabwicklung, die ihrerseits zur Gesamtwirtschaftlichkeit beiträgt. Um die Probleme der Grössenunterschiede der Projekte abzufangen, wird es nötig sein, verschiedene Komfortstufen aufzubauen, d. h. dass die EDV entsprechend der Grösse und Komplexität eines Projektes differenziert eingesetzt werden kann.

Auswirkungen des Computers auf die Organisation des Bauwesens und Einfluss auf die Qualität

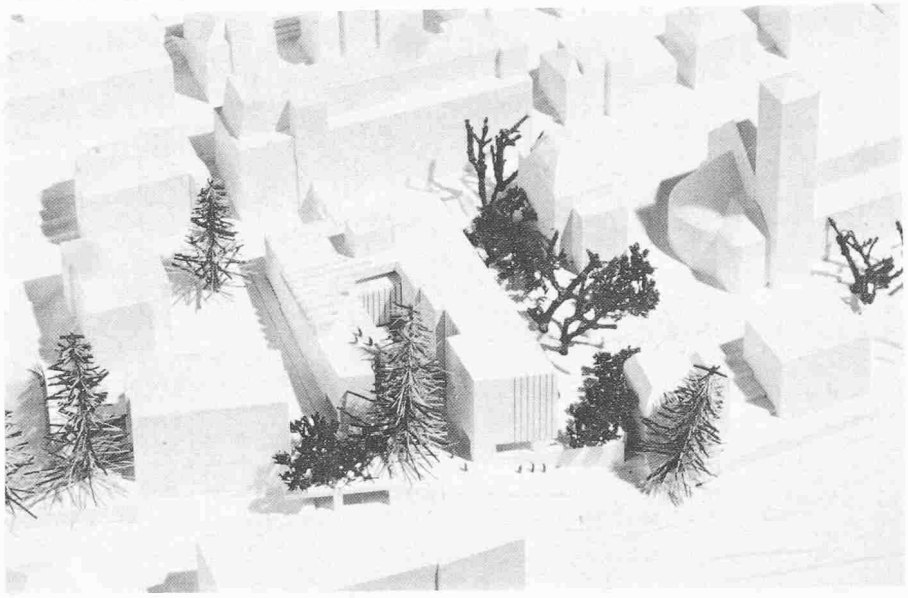
Der Einsatz der EDV im Bauwesen liegt weit unter dem Durchschnitt anderer Branchen. Der Prozess der Computereinführung dauert wegen der feingliederigen Struktur der Bauwirtschaft wesentlich länger als dies in anderen Branchen wie z. B. dem Bankwesen, dem Versicherungswesen usw. der Fall ist. Ich meine, dass in den nächsten Jahren verschiedene Firmen und Baupartner beginnen werden, mit dem Computer zu arbeiten. Der Computer wird aber vorerst nur Mittel zum Zweck sein und als solches kaum grossen Einfluss auf organisatorische und strukturelle Fragen ausüben. Vielmehr wird es darum gehen, den *Nachholbedarf des Bauwesens an EDV zu decken*, der durch die *wirtschaftliche Lage* und den *Konkurrenzdruck* und durch die *erhöhten Anforderungen an die Qualität der angebotenen Dienstleistungen* verursacht wird. Erst wenn dieser Prozess einen bestimmten Stand erreicht hat, werden sich auch Auswirkungen auf die Organisation zeigen. Firmeninterne Überprüfungen der Organisation sind hingegen unabdingbare Voraussetzung für den effizienten Computereinsatz. Ferner ist zu bedenken, dass das Projektmanagement und die Bauadministration von gewissen Baufachleuten als lästige Nebenerscheinungen angesehen werden, die sie nur an ihrer «vollen fachlichen Entfaltung» hindern. Sie werden kaum ohne Not und ohne Druck den Computer verwenden, um die Qualität dieser «Nebengebiete» zu verbessern.

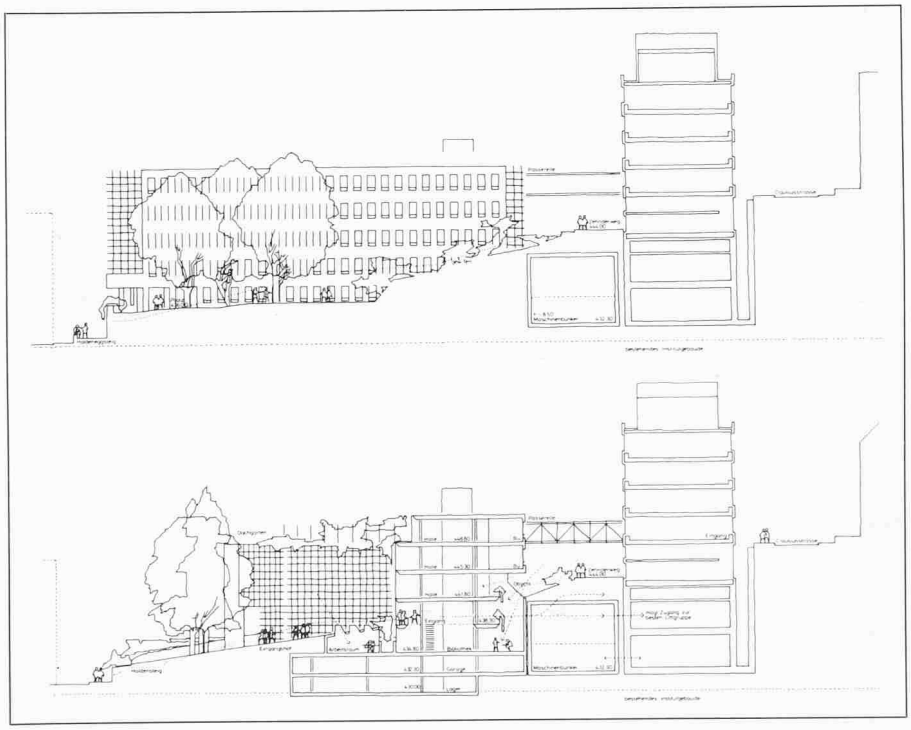
Auf der andern Seite ist aber unbestritten, dass für eine gesunde Entwicklung der EDV im Bau gewisse *organisatorische Voraussetzungen* geschaffen werden müssen. Allen voran muss die *Honorarfrage* klar geregelt werden. Der SIA ist momentan im Begriff, in dieser Sache einen Vorstoss zu machen und eine entsprechende Empfehlung herauszugeben. Noch spezifischer auf die Probleme der EDV in der Bauadministration ausgerichtet wären Richtlinien und Empfehlungen über *Minimalanforderungen an Datenstruktur und Systematik*. Sie würden manchen bevorstehenden Entscheid vereinfachen und zur Transparenz beitragen. Eine solche Aufgabe sollte m. E. ebenfalls durch die Fachverbände angepackt und koordiniert durchgezogen werden. Man wird dabei Fehler, die früher schon einmal begangen worden sind, vermeiden und auf dem Bestehenden aufbauend praxisorientierte Lösungen finden.

Langfristige Aussichten

Langfristig wird der Computer auch im Bauwesen, im speziellen in der Bauadministration und im Projektmanagement Einzug halten. Bis die EDV auf diesen beiden Gebieten optimal eingesetzt werden kann, wird zwar noch ein weiter Weg zu beschreiten sein. In erster Linie handelt es sich um ein Kommunikationsproblem zwischen den verschiedenartigsten Baupartnern. Die moderne Technologie würde es erlauben, in nächster Zukunft auch sehr feingliederige Strukturen wie z. B. die verschiedenartigen Baupartner in ein Informationsnetz zusammenzufassen. Die EDV wird auch an der Front, d. h. auf der Baustelle Einzug halten, sodass der Dialog mit dem Computer direkt aus erster Hand erfolgen kann.

Adresse des Verfassers: *F. Trefzer*, dipl. Ing. EPFL/SIA, Wissenschaftlicher Adjunkt und Chef der Dienstgruppe Informatik, Amt für Bundesbauten, Effingerstr. 20, 3003 Bern





Wettbewerb Institutsgebäude der ETHZ

Das Amt für Bundesbauten veranstaltete unter sechs eingeladenen Architekten einen Projektwettbewerb für ein Institutsgebäude der ETHZ am Zehnderweg in Zürich. Fachpreisrichter waren A. Wasserfallen, Stadtbaumeister, Zürich, A. G. Tschumi, Biel, P. Haas, Arbon, Prof. W. Jaray, Zürich, Prof. J. W. Huber, eidg. Baudirektor, Bern, H. U. Hanhart, AFB-Baukreisdirektor, Zürich, A. Mätzener, stellvertr. Stadtbaumeister, Zürich, E. Gräff, AFB-Baukreisdirektor, Zürich. Die feste Entschädigung betrug je Teilnehmer 6000 Franken. Für Zusatzpreise standen 24 000 Franken zur Verfügung. Das Programm umfasste rund 160 Büroräume für 200 Personen, rund 50 Studentenarbeitsplätze, entsprechende Büronebenfläche, vier Seminarräume, Bibliothek, Leseraum, Installationsräume, Maschinenbunker. Den Belangen der Energieeinsparung war durch geeignete Massnahmen - Orientierung der Baukörper, Fassadengestaltung, Anordnung der Fenster usw. - besondere Beachtung zu schenken. Im Programm waren ferner die folgenden Beurteilungskriterien - ohne Gewichtung - festgelegt: Wirtschaftlichkeit der Anlage in Erstellung und Betrieb, rationeller Betriebsablauf, flexible Nutzungsmöglichkeit, Einfügung in die Umgebung.

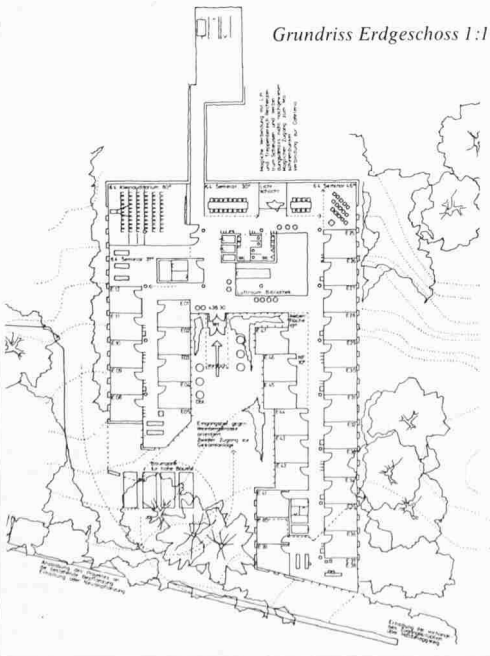
1. Preis (9000 Franken, mit Antrag zur Weiterbearbeitung): **Hertig, Hertig** und **Schoch,** Zürich.

Aus dem Bericht des Preisgerichtes

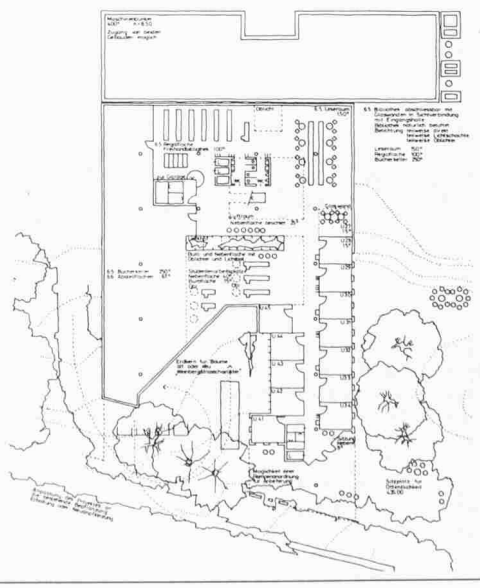
Der Projektverfasser schlägt einen relativ niedrigen hufeisenförmigen Bau vor, dessen Dach durch eine einfache horizontale Fläche gebildet wird. Die Aussenformen des Baues sind rechteckig, ausser der Westfassade, die abgeschrägt und für den Eingangshof offen ausgebildet wird. Das Projekt ist als

Oben: Modellaufnahme von Nordwesten
Links: Ansicht von Süden 1:1000; Schnitt Zentralbereich 1:1000

Grundriss Erdgeschoss 1:1000



Grundriss 1. Untergeschoss 1:1000



Grundriss 2. Untergeschoss 1:1000

