Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 103 (1985)

Heft: 36

Artikel: CAD in der Ingenieurunternehmung: Aspekte zur Einführung und erste Betriebserfahrungen

Autor: Furrer, Hans

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75874

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

CAD in der Ingenieurunternehmung

Aspekte zur Einführung und erste Betriebserfahrungen

Von Hans Furrer, Baden

Bei der Einführung eines CAD-Systems sind individuelle, firmenbezogene Ziele zu formulieren und zu verwirklichen. Da CAD-Systeme nicht direkt einsetzbar sind, müssen Wege und Aufwendungen zum Erreichen solcher Ziele bereits vor einem Beschaffungsentscheid dargestellt und bewertet werden.
Eigene Erfahrungen haben gezeigt, dass auch für grosse Industriebauten die Planbearbeitung mittels CAD technisch machbar und effizient ist. Wer allerdings die absoluten Kosten im Architektur- und Ingenieurbüro kurzfristig verringern will, braucht heute noch nicht auf CAD umzusteigen. Bei etwa gleichen Kosten sind jedoch eine Qualitätsverbesserung und eine deutliche Reduktion der Planbearbeitungszeit erreichbar. Dabei ist das Berufsbild des gut ausgewiesenen Zeichner/Konstrukteurs auch in der CAD-Zukunft noch sehr gefragt.
Bei der graphisch interaktiven Herstellung von Plänen sind die Anforderungen an die Rechner- und Plotterleistung sehr gross und können von hardwareseitigen Minimallösungen nicht erbracht werden. Wirtschaftlichkeitsüberlegungen führen deshalb dazu, dass kleinere Büros ein CAD-System vorzugsweise in einem Betreiber-Pool oder über Datenleitungen von einem etablierten System benützen.

Start zu neuen Ufern

Vor ziemlich genau 3 Jahren wurde bei der Motor-Columbus, Ingenieurunternehmung AG (MCI) begonnen, das *Abenteuer CAD* in Angriff zu nehmen. Ein Abenteuer deshalb, weil vor einem derartigen Entscheid niemand die Fragen nach dem optimalen Zeitpunkt des Einstiegs, nach der technischen Reife der Produkte im eigenen Anwendungsbereich sowie nach der Wirtschaftlichkeit der Systeme so richtig schlüssig zu beantworten vermag. Natürlich gilt es hier zu unterscheiden zwischen den historisch gewachsenen und zwischenzeitlich anerkannten CAD-Einsatzgebieten wie Leiterplattenentwicklung oder Maschinenbau mit anschliessender NC-Steuerung und den uns hier interessierenden Anwendungen im Architektur- und Ingenieurbüro, wo wohl noch für längere Zeit die bisher üblichen Bestell- und Fertigungsunterlagen für eine konventionelle Ausführung der Bauvorhaben bereitzustellen sind.

Ziele

Eine frühzeitige und klare Formulierung von *Zielen* muss dazu beitragen, das Abenteuerhafte in Grenzen zu halten und zu ermöglichen, an den vielen kritischen Wegscheiden eine einheitliche Marschrichtung einzuhalten. Aufgrund der Spartenvielfalt und der Organisationsstruktur einer grösseren Ingenieurunternehmung wurden die in Tabelle 1 dargestellten übergeordneten Ziele als sinnvoll erachtet. Ergänzend sind auch einige daraus direkt ableitbare Konsequenzen angegeben.

Es ist bemerkenswert, dass alle Ziele aus den *firmeneigenen Bedürfnissen* abzuleiten sind und nicht von aktuellen Möglichkeiten, die die Hard- und Softwareindustrie gerade anbietet, übernommen werden dürfen. Weiterhin muss Klarheit darüber bestehen, ob eine CAD-Einführung unter den Stichworten «Kennenlernen, Erfahrungen sammeln, mit dabei sein» segelt (was eine durchaus honore Zielsetzung sein kann), oder ob an einen *professionellen CAD-Betrieb* gedacht wird, der sich an kommerziellen Gesichtspunkten orientiert.

Tabelle 1. Übergeordnete Ziele für den CAD-Betrieb

Übergeordnete Ziele	*Konsequenzen*
1. Ein (1) CAD-System für alle Sparten (Architektur/Bauingenieurwesen/Anlagenplanung, Elektro-, Wärme- und Systemschemata/Graphik) mit entsprechendem Datenaustausch	- einzelne Sparten liegen anfänglich zurück - direkten und guten Kontakt zum Systemlieferanten, um unterschiedliche Entwicklungsgrade auszugleichen
2. breiter Einsatz in der Firma mit Zeichner/Konstrukteuren an den Bildschirmen	- möglichst niedrige Hardwarekosten pro CAD-Arbeitsplatz - einfache Systembedienung, die keine EDV-Kenntnisse der Benützer verlangt
3. Unterstützung der räumlichen Anlagenplanung und Leitungsführungen	- 2D- und 3D-Fähigkeit des Systems
4. Return on Investment innerhalb von 4 bis 5 Jahren für externe und interne Aufwendungen	- unmittelbare Produktivität, zumindest in einzelnen Sparten - übersehbare Zwischenziele und Ausbauschritte - eigenständige Erfassung und Verrechnung der Kosten

Über die Zeitachse gesehen, wurden bei MCI die Ziele so gesteckt, dass ausgehend von den Schwerpunktssparten Architektur, Bauingenieurwesen und Anlagenplanung ein gleichmässiger Systemausbau ermöglicht wird. Die Ziele für das erste Jahr sahen dabei wie folgt aus:

☐ *Effizientes Planzeichen (2D)*
Schemazeichnungen aller Art
Baueingabepläne, Werkpläne
Schalungspläne, Situationen
Stahlbau, Ingenieur- und Werkstattpläne

☐ *Test und Betrieb der flankierenden Programme (Schnittstellen)* für
Berechnungen (Statik, Dynamik)
Ausmass (Längen, Flächen, Volumen)
Ausschreibungstexte, Vergabe, Bauabrechnung

☐ *Vorbereitung der räumlichen Anlagenplanung (3D)*
Baustrukturen
Rohrleitungen und Installationen
Komponenten-Bibliotheken

☐ *Vorbereitung weiterer Einsatzgebiete*
Bewehrungspläne
Stromlaufpläne

Die generelle Verknüpfung der im Bauwesen eingesetzten Programme ist in Bild 1 gezeigt. Die Geschwindigkeit für die Inangriffnahme dieser Techniken ist nicht nur eine Frage der Reife und Einsatzbereitschaft eines CAD-Systems, sondern ebenso eine firmeninterne Problemstellung hinsichtlich der administrativen/organisatorischen Umstellungen, der technischen Verkraftung durch die Systembenützer sowie der generellen Akzeptanz innerhalb der Projektteams.

Hardware Vorentscheide

Aufgrund der zu fordernden Computerleistung wurde der hausinterne *Rechner der Super-Mini-Klasse* optimal erweitert und der CAD-Betrieb neben den übrigen technischen und administrativen Applikationen angesiedelt. Dieses Konzept profitiert vor allem vom Umstand, dass die Bedürfnisse für grosse Rechnerleistungen statistisch verteilt anfallen. Dabei erhalten solche Jobs einen überproportionalen Anteil

an Computerleistung und werden im Vergleich zu einem reinen Arbeitsplatzkonzept deutlich schneller abgewickelt.

Eine weitere grosse Hardware Investition, die oft nicht rechtzeitig erkannt wird, betrifft den Zwang zum Einsatz eines *elektrostatischen Plotters*. Nur diese Plottertechnologie vermag beim professionellen CAD-Betrieb die Leistungs- und Wirtschaftlichkeitskriterien zu erfüllen. Federplotter verlangen bei der regelmässigen Produktion von Tuschzeichnungen eine intensive Personalbetreuung, sind langsam und bergen stets die Gefahr von Ausschusszeichnungen in sich mit nochmaligem Neubeginn als Folge.

Als CAD-Arbeitsplätze (Bild 2) werden *Standard-Farb-Rasterbildschirme* hoher Qualität eingesetzt. Da der Bildschirmmarkt noch sehr dynamisch ist, d.h., da laufend qualitativ bessere oder billigere Bildschirme auf dem Markt erhältlich sein werden, sollte auf eine kommerzielle oder technische Verknüpfung zwischen CAD-Arbeitsplatz und CAD-Software möglichst verzichtet werden.

Evaluation: Kriterien und Vorgang

Zur Zeit werden einige hundert Softwareprodukte als CAD-Systeme angeboten. Die Auswahl reduziert sich jedoch drastisch, wenn einerseits nur diejenige, die wirklich auf die Bedürfnisse des Bauwesens ausgerichtet sind, betrachtet und wenn anderseits die Extreme (low-cost und grosse schlüsselfertige Systeme) ausgeschieden werden. Low-cost-Systeme auf Mikro-Computerbasis können heute, von einfachsten Anwendungen abgesehen, einem professionellen Umfeld nicht genügen und die Flexibilität und Wirtschaftlichkeit von schlüsselfertigen Grossystemen scheint fraglich. Somit bleiben höchstens noch ein Dutzend CAD-Systeme, die von einem Interessenten im Bauwesen zu evalulieren sind.

Zukunftsorientierte Evaluationsmerkmale

Üblicherweise werden die einem als wichtig erscheinenden Einsatzgebiete und Funktionen in einem Pflichtenheft gesammelt und den Leistungen der angebotenen Systeme gegenübergestellt. Der so ermittelte Erfüllungsgrad liefert zusammen mit den Kosten-/Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen eine wertvolle *Momentanaufnahme* und dadurch eine der nötigen Entscheidungsgrundlagen für die Wahl eines Systems. Ebenso wichtig oder gar wichtiger ist jedoch die Beurteilung der *Fähigkeit* eines Sy-

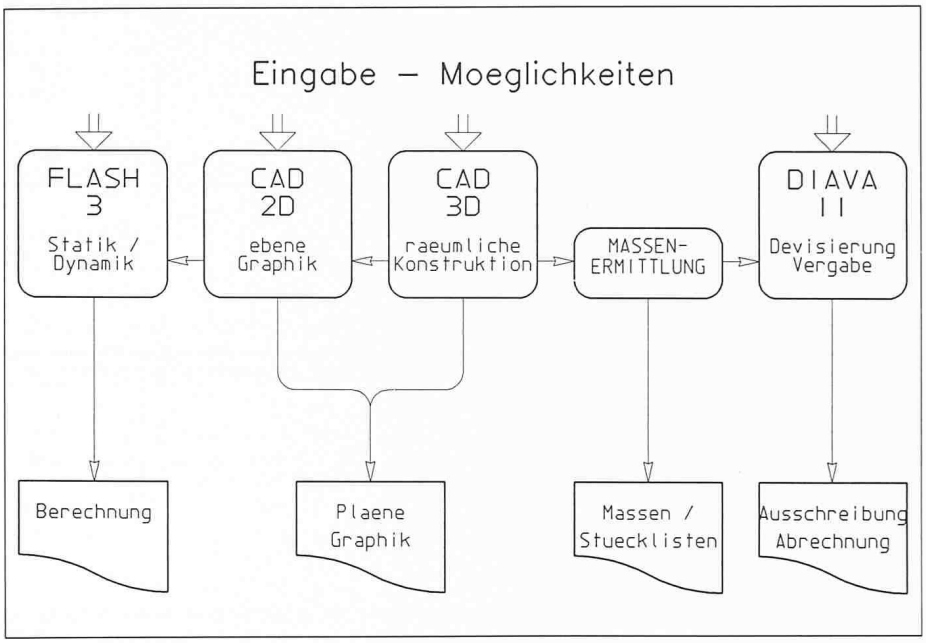
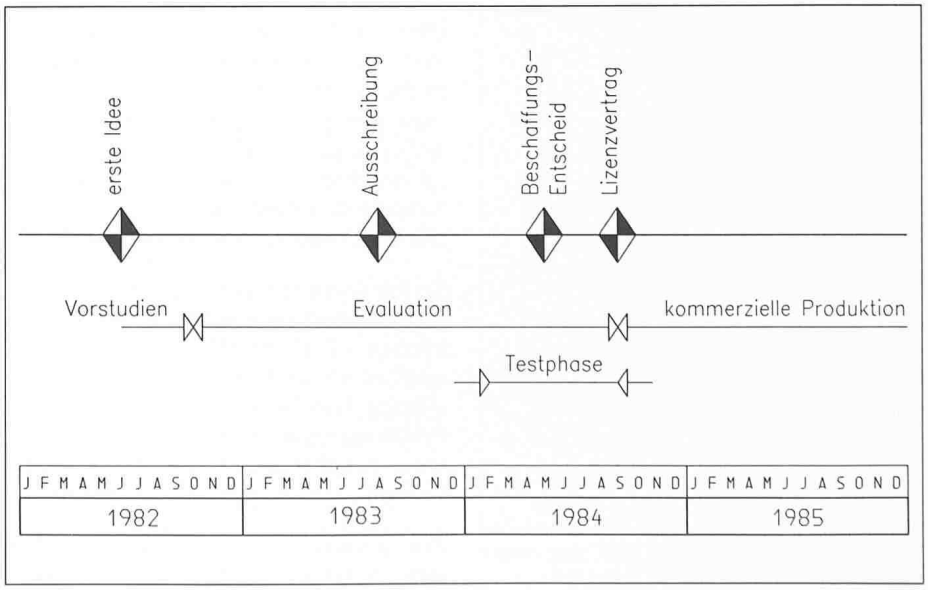


Bild 1. Verknüpfung der Programme für das Bauwesen

Bild 2. CAD-Raum mit Arbeitsstationen

Bild 3. Ist-Verlauf der CAD-Einführung



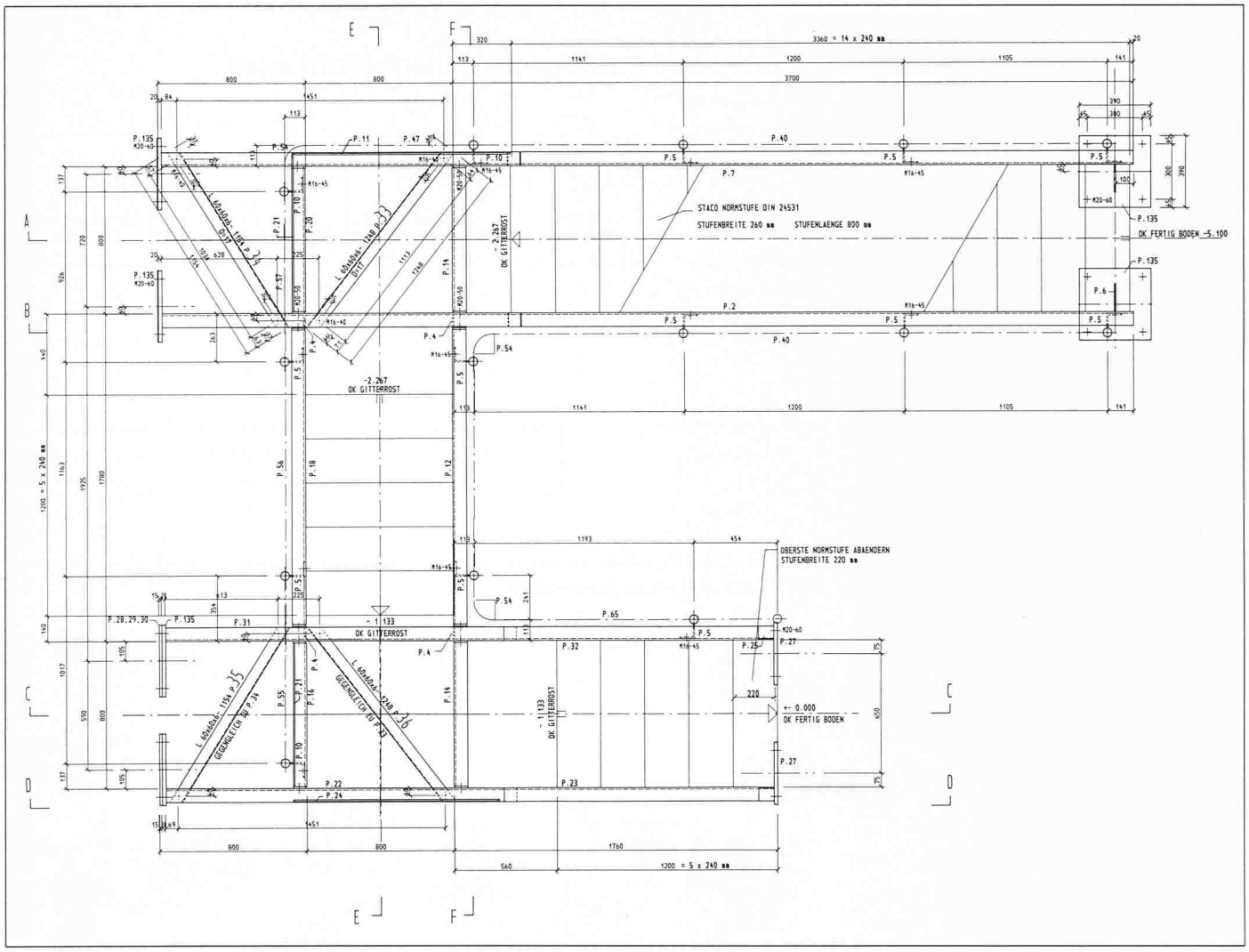


Bild 4. Ausschnitt aus einem Stahlbau-Werkstattplan. Angaben zum Daten-Mengengerüst sind in Tabelle 3 enthalten

stems bzw. eines Systemlieferanten, die gesteckten *Ziele* in einem zusätzlichen Arbeitsaufwand vollumfänglich *zu erreichen*. Nur wenn diese erste Hürde geschafft wird, können mit dem gewählten System auch weitere, mittelfristige Ziele erreicht werden.

Tabelle 2. Durchschnittliches Jahresbudget beim Betrieb von 5 CAD-Arbeitsstationen

Kostenverursacher	%
Kalkulatorische Kosten 34 Rechner, Speicher, Plotter CAD-Arbeitsstationen Software	
Wartungskosten Rechner, Speicher, Plotter CAD-Arbeitsstationen Software	12
Personalkosten Software: Betrieb und Betreuung Hardware: Betrieb inkl. Datensicherung Ausbildung der Erstbenützer*	50
Übrige Kosten Betriebsmittel Raummieten	4
Total	100

* Als einmaliger Aufwand nur im ersten Betriebsjahr einzusetzen.

Evaluations-Vorgang

Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die angebotenen Systeme die zum Teil individuellen Bedürfnisse der einzelnen Architektur- und Ingenieurbüros unmittelbar abdecken, weitmehr ist mit einem grösseren Eigenaufwand für die Einrichtung bzw. Anpassung eines Systems zu rechnen. Die *technische Evaluation* stellt daher fest, zu welchem Erfüllungsgrad die gesteckten Ziele mit den einzelnen Systemen unmittelbar erreicht werden und identifiziert den jeweils verbleibenden personellen und zeitlichen Aufwand. Es ist zu beachten, dass während dieser Zeit kaum mit einem produktiven Einsatz des Systems gerechnet werden darf.

Systemvorführungen können zur Einsatzfähigkeit im eigenen Anwendungsbereich nützliche Hinweise geben. Sie sind jedoch wertlos, wenn sie nicht vollständig dem Detailierungsgrad und der Problemgrösse entsprechen, wie sie vom zukünftigen Anwender erwartet werden.

Zur *Evaluation der Wirtschaftlichkeit* steht nebst den bekannten indirekten (nicht direkt quantifizierbaren) Vorteilen des CAD-Betriebes vor allem das direkte Abwägen von Kosten und Nutzen im Vordergrund. Hier kann zumindest die *Kostenseite* mit genügender Genauigkeit prognostiziert werden. Bei MCI wurden dazu Investitionspläne entwickelt, die vom geplanten Systemausbau der ersten 4 Betriebsjahre abgeleitet wurden. Die Investitionen betreffen die Beschaffung der zentralen Hardware (Rechner, Speicher, Plotter), der dezentralen Arbeitsstationen sowie der Software. Eine einfache Rechnung zeigt, dass jeder in EDV-Mittel investierte Franken die nachfolgenden Jahresbudgets jeweils direkt mit gut 33 Rp. belastet:

Investition: SFr. 1.–	
Abschreibung über 5 Jahre	20,0 Rp.
Zins, 7%	3,5 Rp.
Wartungskosten, 10%	10,0 Rp.
Jährliche Folgekosten	33,5 Rp.

Parallel zu den Investitionsplänen wurden jährlich Budgetpläne entwickelt, die nebst den kalkulatorischen Kosten zur Finanzierung der Investitionen auch die Kosten für Erweiterungen und Betrieb des Systems sowie für die Be-

treuung der Benützer beinhalten. Tabelle 2 zeigt, wie sich diese Kostenanteile prozentual aufteilen.

Anders als die Kostenseite gestaltet sich die Beurteilung der *Ertragsseite* deutlich schwieriger. Hier ist – ausgehend von den in der Budgetperiode erwarteten Projekte – der Auslastungsgrad bzw. die produktiven Betriebsstunden der Anlage abzuschätzen. Auf der Basis einer wahrscheinlichen Betriebszeit und der Vorgabe der Zeitdauer für den Return on Investment lässt sich der zur Deckung erforderliche Stundensatz eines Systems ermitteln. Solche Stundensätze liegen je nach Komplexität der Anwendungen im Bereich von 50.– bis 120.– SFr./h Systembenützung. Werden diese Stundensätze bei einer Projektausführung dem Stundensatz des bearbeitenden Zeichner/Konstrukteurs überlagert, so ergibt sich eine erforderliche Reduktion der Bearbeitungszeit von 2 bis 3 für die Einhaltung gleicher Projektkosten.

Erste Betriebserfahrungen

Der effektive zeitliche Ablauf für Evaluation, Beschaffung und Inbetriebnahme des CAD-Systems ist in Bild 3 gezeigt. Nun, nach etwas mehr als einjähriger Betriebserfahrung, können die ursprünglich erarbeiteten Konzepte und Kriterien gewertet und relativiert werden.

Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems (Hardware und Software) konnte in verschiedenen Etappen gesteigert werden, um letztlich auch bei den geforderten Problemgrössen ein gutes Antwortverhalten des Systems zu erreichen. Überraschenderweise wurde bei der Herstellung von Schemaplänen *Datenmengen* von mehr als 100 000 Linien pro Plan erreicht. Typische Datenmengen, die im Industrie-Hochbau von einem System im interaktiven, graphischen Dialog verarbeitet werden müssen, sind in Tabelle 3 gezeigt.

Plan	*Datenmengen*		
	Linien	*Textzeilen*	*Masse*
Architektur-Werkplan Grundriss 1:50	15 000	500	800
Bauingenieur: Schalungsplan Grundriss 1:50	10 000	150	500
Stahlbau: Werkstattplan Grundriss 1:10 Ausschnitt wie in Bild 4 gezeigt	1500	100	100

Tabelle 3. Typische Datenmengen für Pläne im Industriehochbau

Der Zeichner/Konstrukteur am Bildschirm

Die Einführung des computergestützten Planen und Zeichnen wurde von den Zeichner/Konstrukteuren mit grosser *Motivation* aufgenommen. Auf diesen *Berufsstand* kann und soll – obschon die herkömmliche Zeichnungsarbeit weitgehend entfallen wird – aufgrund der darstellerischen Schulung sowie der Konstruktions- und Ausführungserfahrung auch bei zukünftigen Projekten sicher nicht verzichtet werden. Ausserdem wäre der Einsatz von Architekten und Ingenieuren zum Erstellen von Plänen unverhältnismässig und unwirtschaftlich. Die grundsätzliche Benützung des CAD-Systems (Planzeichnen) ist in etwa 2 Wochen erlernbar und bedarf keinerlei Englisch- oder EDV-Kenntnisse. Überdurchschnittliche Anforderungen werden jedoch an die *Konzentrationsfähigkeit* und das *analytisch-systematische Denken* der Benützer gestellt.

Projektabwicklung

Wird bei grösseren Projekten im interdisziplinären Umfeld nebst dem neuen Arbeitsmittel CAD gleichzeitig noch ein neues Arbeitskonzept (Planen am räumlichen Modell) eingeführt, so scheint die Desorganisation unausweichbar. Nicht zuletzt aus diesem Grunde wurde (lediglich) das Planzeichnen bei herkömmlicher Organisation als Ziel des ersten Jahres gewählt. 2D-Zeichnen ist nicht bloss ein Ersatz des Reissbrettes, sondern ist bei guter Arbeitstechnik schnell und erlaubte bereits die *Koordination* von Architekt, Ingenieur und Spezialisten in Form von einzelnen Planfolien auf gemeinsamer Datenbasis. Der hauptsächliche Gewinn für die abgewickelten Projekte liegt in der verkürzten *Planbearbeitungszeit* bei etwa gleichen Kosten sowie der hohen *Qualität* der Pläne in Form von Masshaltigkeit, Lesbarkeit und Konsistenz der Masse.

Wirtschaftlichkeit

Der als Minimum zu erwartende Zeitreduktionsfaktor von 2 ist durchwegs erreichbar und zusätzliche Verbesserungen sind durch Erweiterungen der Systemeinrichtung sowie durch die wachsende Erfahrung und eine kontinuierliche Weiterbildung der Zeichner/Konstrukteure erkennbar. Weiterhin sind umfassende und zusammenhängende Auftragspakete wie «Vorprojekt-Ausschreibung-Detailprojekt» oder «Architekt-Ingenieur-Spezialisten» eine wichtige Voraussetzung, um vom möglichen Datentransfer Gebrauch zu machen.

Obschon der *Aufwand für Betrieb und Betreuung* grösser als ursprünglich erwartet war, konnten die Zeit- und Kostenbudgets eingehalten werden. Aus den bisherigen Erfahrungen kann abgeleitet werden, dass aus wirtschaftlicher Sicht ein zentral betreutes CAD-System, das allseitig als *Dienstleistung* benutzt werden kann, deutliche Vorteile gegenüber dezentralen Einzelsystemen aufweist. Dies ändert auch nicht wesentlich, wenn sich die Computerhardware weiterhin verbilligen wird, denn der entscheidende Kostenanteil bleibt bei den Personalkosten für Betrieb und Betreuung.

Adresse des Verfassers: *H. Furrer*, Ingenieur SIA, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden.