

Architektur-CAD ist anders

Einzelstück

Rainer Fischbach

CAD in der Architektur hat es schwer, da Gebäude Unikate sind und der Prozeß der Herstellung sehr komplexe Strukturen aufweist. Die Verfeinerung vom groben Entwurf bis zur ausgearbeiteten Konstruktion ist mit heutigen CAD-Systemen nur unvollständig nachvollziehbar.

[Unterthema: iX-TRACT](#)

[Unterthema: CAD und Facility Management](#)

[Unterthema: Alle Neune](#)

[Unterthema: Aus der Frühzeit des Architektur-CAD](#)

[Unterthema: Vom elektronischen Zeichenbrett zum Modellierungssystem](#)

Von Anfang an begleitet das Thema Architektur-CAD die Klage, daß die Architekten sich bisher nicht in dem Maße der EDV bedienen, wie dies die Vertreter der anderen Ingenieursdisziplinen tun. Den Grund dafür sehen die meisten, die derartiges vortragen, im Künstlertum der Architekten, in ihrer Distanz zu exakten mathematischen Verfahren, ja zur modernen Technik überhaupt. An diesem Erklärungsmuster mag durchaus ein Hauch von Wahrheit haften, doch ist es fern davon, erschöpfend zu sein. Tatsächlich ist es eine Konstellation ineinander verwobener Faktoren, die dafür verantwortlich ist, daß CAD im Bauwesen nicht dieselbe Rolle spielt wie zum Beispiel in der Automobilindustrie.

Dazu gehören

- die Komplexität zusammen mit dem Unikatcharakter des Produkts,
- die überlieferte Ablaufstruktur des Bauplanungsprozesses,
- der immer noch vorherrschend handwerkliche Bauproduktionsprozeß,
- die große Zahl der Beteiligten an der Planung und Ausführung von Bauten,
- die wirtschaftliche Struktur der Industrie und der Planungsbüros.

CAD ist für kleine Büros eine große Investition

Diese Faktoren sind keinesfalls nur Ausdruck antiquierter Verhältnisse, sondern in vieler

Hinsicht durch Vernunft und Erfahrung legitimiert. Ein Architekturbüro zu betreiben, war bisher eine Aktivität, die - ganz anders als die industrielle Produktion von Gütern - wenig Kapital erforderte. Erst der CAD-Einsatz ändert dieses Muster: Für die meisten Architekturbüros stellt die Anschaffung eines CAD-Systems eine signifikante Investition dar, während sie bei einem Automobilkonzern eher dem sprichwörtlichen Griff in die Portokasse vergleichbar ist.

Da die meisten Büros klein (circa drei Beschäftigte), einkommens- und kapitalschwach sind, arbeiten die Mitarbeiter dort meist mit billigen Programmen auf unvernetzten PCs. Datenaustausch findet - wenn überhaupt - mit der Diskette statt. Da Gebäude in der Regel Unikate sind und ihre Herstellung handwerklich erfolgt, stellt sich der für die Industrie heute typische, in der Verbindung CAD/CAM/ CIM liegende Rationalisierungseffekt nicht ein.

Ein übriges tut die reale Zersplitterung der Bauindustrie, in der keine Gruppe Standards für den Datenaustausch durchzusetzen in der Lage wäre, wie dies die großen Automobilhersteller tun. Dies sind - grob geschildert - die Randbedingungen, die den CAD-Einsatz in der Bauplanung erschweren.

Architekten planen mit Zeichnungen

Das Geschäft der Architekten besteht darin, Bauten zu entwerfen sowie deren Ausführung vorzubereiten und zu überwachen. Ihre Arbeit läßt sich somit den planenden Tätigkeiten zuordnen. Planen bedeutet, die Eigenschaften einer noch nicht existierenden Sache oder eines noch nicht stattfindenden Vorganges festzulegen, und zwar mit Hilfe einer symbolischen Repräsentation [1]. Diese kann zum Beispiel aus Texten, Grafiken, physischen Modellen bestehen, die dabei helfen, Fragen zu beantworten:

- Wie wird das neue Haus aussehen?
- Welche Arbeiten sind zu seiner Herstellung auszuführen?
- Welche Baustoffe sind dafür zu beschaffen?
- Wieviel wird das kosten?
- Wird das Ergebnis den gesetzlichen Anforderungen genügen?

Seit der Renaissance kommt der Zeichnung bei der Bildung und Kommunikation von Modellvorstellungen in der Architektur eine besondere Funktion zu. Viel stärker als das Holzmodell, dessen Aufgabe auf einer physischen Analogie beruht, ist die Zeichnung Vehikel eines mentalen Modells. Die Sprache der Architekturzeichnung ist der naiven Anschauung allerdings nicht zugänglich: Sie verlangt das geschulte Auge.

Anders als in anderen Bereichen der Technik (siehe Kasten 'Vom elektronischen Zeichenbrett zum Modellierungssystem') begann CAD in der Architektur nicht als Versuch, die Zeichnung im Rechner zu repräsentieren und mit seiner Hilfe zu manipulieren. Die ersten in Europa unternommenen Anläufe, Rechner in der Architektur einzusetzen, standen im Zusammenhang mit den Versuchen einer tiefgreifenden Rationalisierung des Bauens der 60er und 70er Jahre.

Damals ging es darum, schnell und kostengünstig viele Quadratmeter Nutzfläche für Wohnungen, Gesundheitseinrichtungen und Ausbildungsstätten zu schaffen. Die heute so lautstark über die Plattenbauten in den ehemals sozialistischen Regionen Europas lamentieren, vergessen die durchaus ehrbaren Motive dieses Ansatzes wie auch die Tatsache, daß vergleichbare Sünden in seiner Durchführung auch im Westen zu finden sind.

Frühe Systeme kombinierten Fertigteile

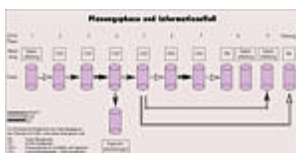
Die daraus hervorgegangene CAD-Software war nicht primär grafisch, sondern dazu ausgelegt, Bauten aus einer begrenzten Zahl von Typen präfabrizierter Komponenten zu konfigurieren. Schematische Zeichnungen reichten dazu aus. Es war wichtig, Stücklisten für die Fertigung zu generieren und die technischen Systeme zu dimensionieren. Die Grundlage dafür war ein dreidimensionales Modell der technischen Gebäudestruktur. Mit dem Niedergang dieser Bauweise im Westen an der Wende zu den 80er Jahren wurde diese Software auf die herkömmliche Art des Bauens zugeschnitten, was jedoch mißlang. Was tatsächlich zustande kam, war ein Rückfall auf den Stand, von dem die Entwicklung des CAD in anderen Bereichen ausging: die Imitation der 2D-Zeichnung (siehe auch das Interview mit Paul Richens auf Seite 70).

In den USA gab es ebenfalls in den 70er Jahren, unabhängig von der Fertigteilbauweise, Ansätze zu einer umfassenden Gebäudemodellierung, die allerdings nie zu praktisch einsetzbaren Softwaresystemen führten, sondern im Bereich der akademischen Etüden verblieben. Ursache dafür war sicher auch ein an den prozeduralen Sprachen angelehnter und damit konzeptionell inadäquater Modellierungsansatz [2].

Im Bauwesen kommt der zweidimensionalen Darstellung noch eine ungleich größere Bedeutung zu als im Maschinenbau. Dies aus zwei Gründen:

1. Zeichnungen spielen nicht nur beim Entwurf eine zentrale Rolle, sondern enthalten auch einen großen Teil derjenigen Informationen, die das Produkt *Haus* in seiner physischen, funktionalen und wirtschaftlichen Struktur definieren.
2. Die dreidimensionale Modellierung scheitert immer noch an der hohen Komplexität von Architektur.

Deshalb sind, wenn nicht 2D-Systeme, so doch die vorhandenen 3D-Systeme meist im 2D-Modus im Einsatz. 3D-Modellierung findet vielleicht bei der Gestaltung des Baukörpers oder höchstens auf der Detaillierungsebene des Vorentwurfs Anwendung.



Die EDV-Anwendung im Bauwesen ist heute in viele Inseln zersplittert, die jeweils ihre Daten in Dateien mit inkompatiblen Speicherformaten vorhalten. Redundante Datenhaltung schafft zudem das Risiko von Inkonsistenzen (siehe Kasten `Alle Neune').

Motive zur 3D-Volumenmodellierung lägen in der Massenermittlung und in der Visualisierung. Erstere geht in die Leistungsbeschreibung ein (siehe Kasten `Bauplanung'). Sie hat damit zu tun, aus den Zeichnungen abzuleiten, welche Mengen der Teilleistungen für das geplante Objekt erforderlich sind, zum Beispiel Ausführung von Mauerwerk, Beton, Putz einer bestimmten Qualität. Massenermittlung ist auch bei Einsatz eines CAD-Systems immer noch eine Arbeit, die in großem Umfang der menschlichen Intervention bedarf.

Volumenmodellierung könnte in Verbindung mit qualitativen Attributen hier eine wesentliche Voraussetzung zur Automatisierung schaffen.

Kreative Eitelkeiten sind unproduktiv

Das größte Hindernis eines effektiven CAD-Einsatzes in der Architektur sind die verkrusteten Bürostrukturen mit einer Arbeitsteilung, die die `kreativen' Entwerfer von den `unkreativen' Zeichnern, Technikern und Managern isoliert. Die nach herkömmlicher Auffassung Kreativen sehen das CAD-System meist als elektronische Zeichenmaschine, die anzufassen unter ihrer Würde sei. Schon dadurch ist das Festklammern an einem veralteten Konzept von CAD programmiert. Diejenigen, die über CAD-Kenntnisse verfügen, rutschen, sofern sie nicht ohnehin schon dem minderen Stand der Bauzeichner angehören, sehr schnell zu reinen Bedienern ab. Sie werden nach Maßgabe des Tagesbedarfs von einem Projekt zum anderen geschoben und verlieren dadurch immer mehr den Kontakt zu den wesentlichen Inhalten und Zusammenhängen der Architektentätigkeit.

Technische Spezifikationen sagen, wie ein Gebäude auszuführen ist und legen dadurch dessen Kosten fest. Sie könnten auch eine Grundlage für Aktivitäten während der Nutzungsphase bilden, zum Beispiel Instandhaltung und Umnutzung (siehe Kasten `CAD und Facility Management'), werden aber in der Regel ohne informationstechnisch reproduzierbaren Bezug zu den CAD-Zeichnungen verfaßt. Die meisten Spezifikationen bilden sich nicht in den Zeichnungen ab, und erst recht nicht die nachträglichen Änderungen.

CAD birgt ein Potential, das nicht nur die Einsparung von Arbeit, sondern eine bessere Qualität der Ergebnisse verspricht. Es zu nutzen, verlangt nicht nur die datentechnische, sondern vor allem die organisatorische Integration der Planungsphasen und der fachlichen Beiträge. Wenn sich CAD in der Architektur vom Zeichenwerkzeug zum Modellierungswerkzeug entwickeln soll, dann ist die hierarchische und zeitliche Abgrenzung der Planungsfunktionen aufzuheben. Dadurch wäre die Basis geschaffen, auf der fortgeschrittene Softwarekonzepte überhaupt erst wirksam werden könnten.

Bauplanung bedeutet, Informationen zusammenzutragen, die ein noch nicht existierendes Gebäude betreffen. Sollen Informationen maschinell zwischen den einzelnen Planungsabschnitten weitergegeben werden, dann müssen sie Datengestalt in einem konvertierbaren Format annehmen. Leider folgt aus der Austauschbarkeit des Datenformats nicht die Austauschbarkeit der Information.

Datenaustausch noch nicht gelöst

Dies gilt schon, wenn eine Zeichnung mit derselben CAD-Software in einem neuen Maßstab weiterbearbeitet werden soll: Ein Symbol oder eine Schraffur erscheinen in linearer

Vergrößerung nicht mehr angemessen. Beim Transport in ein anderes CAD-System behalten sie zwar ihr Aussehen, doch sind beide möglicherweise nicht mehr als Einheiten identifizierbar: Sie haben sich in einzelne Striche aufgelöst oder die Schraffur hat vielleicht ihre Verknüpfung mit der Fläche verloren, der sie zugeordnet war.

Grafische Dateiformate transportieren in der Regel nur grafische Elemente und Beschriftungen. Beispiele dafür sind HPGL und PostScript, die sich sehr stark bezüglich der Art der übertragbaren Elemente unterscheiden, da sie für Ausgabegeräte völlig verschiedener Charakteristik (Stiftplotter vs. Laserdrucker) geschaffen wurden.

Für den Austausch zwischen CAD-Systemen sind Übertragungsformate mit größerer Bandbreite gefordert. Im Bauwesen dominiert heute DXF, das proprietäre Austauschformat von AutoCAD. IGES, das im Maschinenbau und in seiner Abwandlung VDA-IS in der deutschen Automobilindustrie eine große Rolle spielt, konnte sich im Bauwesen nie durchsetzen.



Heute noch Zukunftsmusik: Das integrierte Planungsinformationssystem. Alle Anwendungen beziehen sich auf ein einheitliches Datenmodell. Planungsphasen können sich überlappen, die Zusammenarbeit mit Fachingenieuren wird enger. Das wäre die Übersetzung des 'Simultaneous Engineering' aus dem Maschinenbau in das Bauwesen.

DXF kennt neben rein grafischen Primitiven immerhin Ordnungsstrukturen wie Ebenen und Blöcke. Allerdings gibt es keine verbindliche Konvention darüber, wie sie zu nutzen seien. Die Anwender sind gezwungen, darüber Ad-hoc-Absprachen zu treffen. Da an der Bauplanung immer eine große Zahl von Parteien beteiligt ist, deren Konstellation sich praktisch mit jedem neuen Projekt ändert, sind stabile Übereinkünfte kaum zu erzielen. Eine weitere Unsicherheit bei der Verwendung von DXF ergibt sich aus der Politik des AutoCAD-Herstellers, das Format mit jeder neuen Auslieferung zu ändern.

Entwicklung von geeigneten Formaten

Einen neueren Versuch, ein zeichnungsorientiertes Austauschformat mit wenigstens minimalen Möglichkeiten zur Kommunikation nichtgrafischen Inhalts zu definieren, stellt STEP-2DBS dar [3]. Die Bezeichnung STEP ist allerdings irreführend. Das Format entstand nicht aus den internationalen Bemühungen im Rahmen der Formulierung der ISO 10303 (siehe dazu auch den Kasten 'Vom elektronischen Zeichenbrett zum Modellierungssystem'), sondern als Produkt einer Gemeinschaftsinitiative der deutschen Bauverwaltungen und Teilen der Bauindustrie sowie einiger deutscher CAD-Hersteller.

STEP-2DBS basiert nicht auf der im Rahmen von STEP entwickelten Methodologie, sondern erweckt eher den Eindruck eines ad hoc festgelegten Formats. Es liegt kein in EXPRESS formuliertes Inhaltsmodell vor [4]. Auch das Darstellungsformat weicht von der ISO-Norm ab.

Das Bedürfnis nach einem vielfältigen zeichnungsorientierten 2D-Standard ist bei der

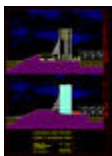
dominierenden Rolle, die Zeichnungen im Bauwesen spielen, legitim. Tatsächlich ist STEP-2DBS reicher als DXF, da es Ebenen, Gruppen, Makros, assoziative Bemaßung und Symbolbibliotheken enthält. Jedoch bleibt auch hier der Anwender für die einheitliche Verwendung der Strukturierungsmittel verantwortlich. Ein Mechanismus zur Attributierung von Strukturen existiert zwar, doch gibt die Definition kein Modell des Inhalts der Attribute an. Dies begründen die Autoren damit, daß darüber keine Konvention existiere. Der beste Grund, keinen Standard zu definieren, besteht darin, daß es keinen Standard gibt! Noch stärker als die anderen Teile von STEP-2DBS erzeugt dieser Mechanismus den Eindruck der Ad-hoc-Lösung.

Ein methodologisch sauber ausgearbeitetes Informationsmodell für die Bauplanung, auf dessen Grundlage ein zuverlässiger Austausch aller produktdefinierenden Daten des Bauwesens stattfinden könnte, steht noch aus. Allerdings gibt es Bestrebungen im Rahmen der ISO, ein solches Modell zu definieren. Dies trifft schon für 2D-Zeichnungen zu und erst recht für die 3D-Geometrie, die technischen und funktionalen Strukturen von Gebäuden.

CAD unterstützt nicht alle Schritte des Bauens

Der heutige Stand der CAD-Anwendung in der Architektur liegt weit unter den technischen Möglichkeiten. Jedoch ist dieser Zustand nicht auf pure Inkompetenz der Betroffenen zurückzuführen. Die Verfeinerung vom groben Entwurf bis zur ausgearbeiteten Konstruktion ist mit heutigen CAD-Systemen nicht oder nur unvollständig nachvollziehbar. Für den effektiven CAD-Einsatz in der Architektur wäre dies jedoch essentiell.

Ein herkömmliches CAD-System steht vor unlösbaren Performanceproblemen bei dem Versuch, die Konstruktion und technische Ausrüstung eines großen Bauwerks vollständig zu detaillieren. Durchführbar ist dies nur, wenn man sich auf eine 2D-Darstellung beschränkt und die Komponenten und fachlichen Aspekte auf eine Vielzahl von Ebenen verteilt. Schon allein die Verwaltung der Ebenen ist eine kaum zu überschätzende Aufgabe, an der nicht wenige Büros scheitern. Der Datenaustausch mit den Fachingenieuren steigert die zu meisternde Komplexität und bereitet wegen fehlender Standards große Schwierigkeiten.



Quelle: Studentengruppe Artgerecht/RWTH Aachen

Hochbauentwurf: Elbhotel. Als reine 2D-Zeichnung erstellt. 2D-Darstellungen haben im Bauwesen eine größere Bedeutung als im Maschinenbau.

Ein naiver Einsatz von 3D-Modellierung oder gar 3D-Volumenmodellierung kann nur in einem Fiasko enden, wenn zugleich ein großer Detailreichtum der Planung erstrebt wird. Jener ist heute bei nicht zu komplexen Maschinenbauteilen machbar; in der Architektur, auch im Schiff- und im Flugzeugbau nicht. Der Aufwand für die Abarbeitung von Details, die ohnehin unsichtbar, beim gegebenen Maßstab nicht befriedigend darstellbar oder aus sonstigen Gründen unerwünscht sind, zwingt jede heute und in absehbarer Zukunft zu wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen verfügbare Hardware in die Knie.

3D-Darstellung muß Daten ausblenden

3D-Modellierung ist in der Architektur folglich darauf angewiesen, mit Vereinfachungen zu operieren und geometrische Repräsentationen feiner Details nur bei Bedarf zu generieren. Die heute im Maschinenbau-CAD als am fortschrittlichsten geltende analytisch exakte B-Rep-Technik, wie sie in den Modellierkernen ACIS und ParaSolid realisiert ist, geht davon aus, daß die Körpergeometrie das durchgängige Fundament der Modellierung bildet. Sie führt zu einem überflüssigen Aufwand, da diese Voraussetzung nicht mehr gegeben ist: Es gibt nicht mehr *die* Geometrie des Objekts. Ein CSG-Modellierer, der zur Visualisierung die Körperhüllen durch ebene Facetten variabler Feinheit approximiert, verspricht dagegen bessere Ergebnisse, zumal eben begrenzte Körper in Architekturanwendungen dominieren.

Abstraktion von überflüssigen Details ist nicht nur um der Effizienz willen geboten. Auch um reduzierte Benutzersichten und fachliche Analysen zu unterstützen, ist es erforderlich, irrelevante Daten auszublenden beziehungsweise ganze Gruppen von verfeinerten Daten in einem Kennwert zusammenzufassen.

Eine FM-Anwendung (Facility Management) kann, anstatt dem Benutzer eine verwirrende Zahl von Ausrüstungs- und Einrichtungsdetails zu präsentieren, die Räume zusammenfassenden Qualitäts- beziehungsweise Eignungskategorien zuordnen. Das Wichtigste an einem Gebäude ist der leere Raum zwischen den konstruktiven Elementen beziehungsweise dessen Qualität. In den meisten CAD-Systemen erfährt er keine Darstellung. Auch ein 3D-Volumenmodell der raumbildenden Konstruktionen enthält keine explizite Repräsentation des leeren Raums. Deshalb ist es ohne zusätzliche Maßnahmen nicht möglich, Konstruktionen, Ausrüstungs- und Einrichtungselemente Räumen zuzuordnen. Es ist jedoch letzten Endes der nutzbare Raum, der den Aufwand für die Konstruktionen rechtfertigt. In einem umfassenden Gebäudemodell muß er deshalb eine Repräsentation finden.

Da Planung ein in Stufen über einen größeren Zeitraum sich vollziehender Prozeß ist und die dabei hervorgebrachten Daten auch in der Nutzungsphase von Bedeutung sind, müssen diese beständig sein. Herkömmliche CAD-Systeme speichern ihre Daten in Dateien ab. Diese Form wird den Anforderungen, den die parallele Projektbearbeitung durch mehrere Planer mit zum Teil unterschiedlichen Softwarewerkzeugen stellt, nicht gerecht.

Hier sind die spezifischen Eigenschaften von Datenbanken, wie etwa die Kontrolle nebenläufiger Zugriffe, gefordert. Damit ist jedoch auch zugleich die Frage nach dem Datenmodell gestellt, das die Datenbank implementiert, und nach dem Inhaltsmodell, das die gespeicherten Daten interpretiert. Die persistente Speicherung von CAD-Daten führt also zu ähnlichen Überlegungen wie das Problem ihres Austauschs. Daß objektorientierte Datenbanken bei der Speicherung von CAD-Daten eine wachsende Rolle spielen werden, ist wahrscheinlich [5].

Das bereits erwähnte, noch im Entwurfsstadium befindliche STEP-SDAI enthält Vorschläge dazu, wie der Zugriff auf EXPRESS-Schemata und -Instanzen, die in einer Datenbank abgespeichert sind, auf programmiersprachlicher Ebene (zum Beispiel C++) zu organisieren wäre. Allerdings sind diese noch recht unbefriedigend und brauchbare Implementationen beinahe inexistent. Das Konzept, daß CAD-Anwendungssoftware, Datenbankschnittstelle und

Austauschformat auf einem einheitlichen Modell der Anwendungsdaten aufzubauen haben, dürfte jedoch Zukunft haben.(bl)

RAINER FISCHBACH

ist freier Berater, gegenwärtig hauptsächlich für das FMI in Berlin tätig. Außerdem ist er Dozent an der Berufsakademie Stuttgart (Technische Informatik).

Literatur

- [1] Rainer Fischbach; Modellbildung; Grundlagen und industrielle Bedeutung; in: Bauinformatik 2/1994
- [2] Charles M. Eastman; Conceptual Modelling in Design; in: Les Piegł (Hrsg.); Fundamental Developments in Computer-Aided Geometric Modelling; London 1993; S. 185-202
- [3] Wolfgang Haas (Hrsg.); CAD-Datenaustausch-Knigge: STEP-2DBS für Architekten und Bauingenieure; Berlin 1993
- [4] Draft International Standard ISO/DIS 10303-11. Industrial automation systems - product data representation and exchange; Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual; ISO 1992
- [5] Rainer Fischbach; Jenseits von Hollerith; Eigenschaften objektorientierter Datenbanksysteme; in iX 6/1993, S. 144-154
- [6] Michael J. Pratt: Aspects of Form Feature Modelling; in: Hans Hagen, Dieter Roller (Hrsg.); Geometric Modelling: Methods and Applications; New York 1991; S. 227-250

Kasten 1

iX-TRACT

- Der Unikatcharakter von Gebäuden und die Komplexität des nach wie vor eher handwerklich orientierten Bauplanungs- und -produktionsprozesses sind ein Hindernis für den Einsatz von CAD.
- Versuche in den 60er und 70er Jahren, durch Fertigteilbauweise und CAD-Einsatz Rationalisierungseffekte zu erreichen, gelten als gescheitert.
- Anders als im Maschinenbau verlief die Entwicklung im Architektur-CAD von der dreidimensionalen Modellierung zur 2D-Zeichnung.
- Die meisten technischen Spezifikationen bilden sich nicht in den CAD-Zeichnungen ab.
- Es gibt Bestrebungen, ein semantisches Datenmodell zu entwickeln, das auch nichtgrafischen Inhalt transportiert.

Kasten 2

CAD und Facility Management

Der Einsatz von CAD-Systemen in der Architektur und im Facility Management (FM) ist mit großen Erwartungen verknüpft, da er die Informationslücke, die zwischen beiden Bereichen besteht, datentechnisch schließen könnte.

Zu den Aufgaben des Facility Management gehören die Entwicklung von Nutzungsprofilen und Standards für die Gebäudeausstattung, die Klassifikation von vorhandenen Flächen anhand dieser Standards, die Allokation dieser Flächen, und die Aufstellung von Bedarfsprognosen. FM kann Vorgaben für den Architektenentwurf (Neubau oder Umbau von Flächen) erzeugen, und umgekehrt könnten die Ausführungspläne der Architekten eine wertvolle Grundlage für das FM darstellen.

Allerdings ist dies mehr Zukunftsmusik als Realität: Zeichnungen enthalten in der Regel nicht die Informationen, die für das FM relevant sind. So finden sich zum Beispiel die Details der Baukonstruktion und Ausrüstung, anhand derer sich Räume für FM-Zwecke klassifizieren ließen, meist ohne Bezug zu den CAD-Daten in den Leistungsverzeichnissen und Beschaffungslisten.

Architektenplanung würde erst dann zu einer Vorstufe des FM werden, wenn sie Ausrüstungs- und Einrichtungselemente mit der Baukonstruktion in einem elektronischen Raumbuch verknüpfen würde.

Ein bruchloser Übergang zwischen beiden Bereichen setzt CAD-Systeme mit einem entsprechend erweiterten Datenmodell voraus. Auch sind Standards für den Datenaustausch erforderlich, die mächtig genug wären, die modellspezifische Semantik zu transportieren. Schließlich sind Softwareprodukte notwendig, mit denen Anwender ohne komplexe und teure CAD-Systeme auf die für FM relevanten Daten zugreifen können und die darin enthaltenen Raum- und Geometriebezüge visualisieren können.

Kasten 3

Alle Neune

Obschon zu Unrecht in dem Rufe stehend, ein künstlerisches Fach und damit eher im Reiche der Freiheit angesiedelt zu sein, kennt die Architektur umfangreiche und elaborierte Regelwerke, deren Sinn darin besteht, die professionelle Praxis anzuleiten. Unter diesen kommt der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) eine zentrale Stellung zu. Dieses Modell unterteilt die Tätigkeit, die Architekten und Fachplaner ausüben, in neun Phasen und legt für jeden Leistungsabschnitt einen Anteil am Gesamthonorar fest:

- 1. Grundlagenermittlung,
- 2. Vorplanung,

- 3. Entwurfsplanung,
- 4. Genehmigungsplanung,
- 5. Ausführungsplanung,
- 6. Vorbereitung der Vergabe,
- 7. Mitarbeit an der Vergabe,
- 8. Objektüberwachung,
- 9. Objektbetreuung und Dokumentation.

Es würde zu weit führen, die Leistungskataloge der HOAI zu erläutern. Vielmehr seien nur einige Bestimmungen und Merkmale hervorgehoben, die für den Einsatz von CAD und weiteren computerbasierten Werkzeugen bedeutsam sind:

- Das zu planende Gebäude ist zunächst
- im Raum- und Funktionsprogramm unter funktionalen Gesichtspunkten zu bestimmen (Phasen 1/2),
- in seiner raumbildenden Geometrie zu entwickeln (Phasen 2/3),
- als Körper technisch nach Dimension, Material und Ausführungsart zu spezifizieren (Phase 5/6),
- zusammenfassend zu beschreiben, in Ausführungseinheiten (Positionen) zu zerlegen und diese fachlich nach Gewerken geordnet in einem Leistungsverzeichnis niederzulegen (Phase 6),
- auf dieser Grundlage zu vergeben und abzurechnen (Phasen 7/8),
- am Ende schließlich gesamthaft zu dokumentieren (Phase 9). Alternativ oder auch ergänzend kann auch ein Raumbuch erstellt werden, das die Räume mit einer qualitativen Beschreibung der Baukonstruktionen und Ausrüstungen auflistet (funktionale Leistungsbeschreibung).
- Die Ermittlung der Kosten nach DIN 276 findet in mehreren Phasen (Kostenschätzung in Phase 2, Kostenberechnung in Phase 3, Kostenanschlag in Phase 7, Kostenfeststellung in Phase 8), bezogen auf den phasentypischen Detaillierungsgrad der Planung statt.
- In allen Phasen ist eine Abstimmung des Architekten mit den anderen an der Planung fachlich Beteiligten (Statiker, HLS-Planer, Bauphysiker, Akustiker, TK-Planer, ELT-Planer) gefordert.
- In jeder Phase sind spezifische Darstellungen der Planungsergebnisse gefordert.
- In allen Phasen sind rechtliche Einschränkungen zu beachten: Die Vorgaben der

kommunalen Bauleitplanung und der Umweltgesetzgebung (Phasen 1/2), die VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Phasen 6/7/8), die Baunutzungsverordnung und die jeweilige Landesbauordnung (Phasen 3/4/5), das Energieeinsparungsgesetz und eine Reihe von weiteren technischen Vorschriften (Phasen 3/5).

Die Bauplanung ist also ein vielfach gebrochener Prozeß. Es gibt keine Übergänge zwischen den Phasen mit ihren formal und inhaltlich unterschiedlichen Sichtweisen und Darstellungserfordernissen, zwischen den verschiedenen technischen Bereichen und den für sie fachlich Zuständigen. Die Differenz zwischen einer Grundrißzeichnung des Vorentwurfsstadiums und der Ausführungsplanung ist nicht nur die zwischen den Maßstäben 1 : 200 und 1 : 50 - die Grafikelemente einer 1 : 50-Zeichnung entstehen nicht durch maßstäbliche Vergrößerung derjenigen des kleineren Maßstabs.

Vorläufig scheidet die Idee, Zeichnungen aus früheren Phasen vergrößert weiterzuverwenden - wie das gesamte Konzept eines durch EDV ermöglichten, ungebrochenen Informationsflusses in der Bauplanung - an der Unfähigkeit der verfügbaren Software, die Semantik von Architekturzeichnungen zu transportieren. Dies gilt in noch höherem Maße von der Beziehung zwischen den Zeichnungen und den Leistungsbeschreibungen: Die ist alles andere als analytisch, da sich in letzteren Zusammenhänge und Entscheidungen niederschlagen, die nur im Kopf des Bearbeiters der Ausschreibung präsent sind, nicht jedoch in den Zeichnungen.

Kasten 4

Aus der Frühzeit des Architektur-CAD

Seit einem Vierteljahrhundert arbeitet Paul Richens, Direktor des *Martin Centre for Architectural and Urban Studies* der Universität Cambridge an der Entwicklung von CAD-Systemen für Architekten. Das Gespräch für iX führte Rainer Fischbach.



iX: Können Sie unseren Lesern Ihre biographische Verbindung mit der Entwicklung des Architektur-CAD schildern?

Richens: Ich arbeitete von 1970 bis 1985 für *Applied Research of Cambridge* (ARC). 1985 wurde ARC von McDonnell Douglas übernommen, und ich blieb dann noch bis 1988 dort. Ich war Leiter dreier aufeinander folgender Projekte, die mit OXSYS, BDS und GDS Systeme ganz verschiedenen Charakters hervorbrachten. Nur das letztere ist noch als Produkt auf dem Markt verfügbar.

iX: Was für ein System war OXSYS?

Richens: OXSYS wurde für die *Oxford Regional Health Authority* entwickelt und basierte auf einem im Detail ausgearbeiteten Modell der technischen Gebäudestruktur. Dieser Ansatz war

mit der Bauweise verknüpft, die öffentliche Auftraggeber in den 60er und 70er Jahren favorisierten: dem Bauen mit standardisierten Komponenten. Waren vorgefertigte Teile mit ihren technischen Merkmalen und den Regeln, nach denen sie zusammenzufügen waren, einmal gespeichert, dann konnte OXSYS alle Planungsphasen von der Konzeption bis zur Ausführung unterstützen. Es konnte schematische Ausführungszeichnungen und Stücklisten produzieren.

iX: Es handelte sich also um eine Art virtuelles 'LEGO-System'. Welche Probleme ergaben sich damit?

Richens: Der Aufbau der vorgefertigten Komponenten war niemals so konstant wie wir erwarteten, und die Bedeutung dieser Bauweise nahm ab, als die öffentlichen Investitionen in den Ausbau des Gesundheits- und Bildungswesens am Ende der 70er Jahre zurückgingen.

iX: Was war dann der nächste Schritt?

Richens: Wir versuchten zunächst, aus OXSYS ein Allzwecksystem abzuleiten, indem wir alles wegließen, was spezifisch für die Oxforder Methode des Krankenhausbaus war. Das Ergebnis war BDS.

iX: War das erfolgreich?

Richens: Überhaupt nicht. BDS war ein komplexes System mit Hunderten von Kommandos, die zu lernen Jahre erforderte, und es basierte immer noch auf dem 'LEGO-Ansatz'. Es war sehr ineffizient, zuerst ein dreidimensionales Modell aus vordefinierten Komponenten aufzubauen, um dann Zeichnungen schlechter grafischer Qualität daraus abzuleiten.

iX: Wie reagierten Sie auf diese Klagen?

Richens: Wir ergänzten BDS um ein Modul für die grafische Aufbereitung und Annotation der Zeichnungen. Das war der Anfang von GDS. Es sollte einfach zu bedienen sein und alle Anforderungen erfüllen, die das Bauwesen an Zeichnungen stellt. Die erste Auslieferung erfolgte 1980.

Von 3D- zu 2D-Zeichnungen

iX: Das war also eine Entwicklung von der dreidimensionalen Modellierung der technischen Gebäudestruktur hin zur Produktion von Zeichnungen. Diese nahm eine Richtung, die der beim Maschinenbau-CAD entgegengesetzt war, die mit Zeichnungen anfing und zur 3D-Modellierung führte.

Richens: Das ist richtig. Doch bitte ich zu bedenken, daß wir mit einem eingeschränkten Modell angingen, das auf eine bestimmte Methode des Bauens mit Fertigteilen hin ausgelegt war. Zudem sind Gebäude in der Regel wesentlich komplexer als die Dinge, die heute mit 3D-Körpermodellierern im Maschinenbau entworfen werden.

iX: Sind in der Entwicklung des Architektur-CAD klar abgegrenzte Phasen unterscheidbar und gab es in ihr einen wirklich bedeutenden Fortschritt seit 1980?

Richens: Es gibt einen Bruch zwischen der Ära von Systemen wie OXSYS und der der Zeichensysteme wie GDS. Seither sind langsame Fortschritte beobachtbar. Natürlich sind dafür auch die bessere Hardware, die wir heute haben, und Erfolge in Softwarebereichen außerhalb des Architektur-CAD verantwortlich.

iX: Auf welchen Gebieten fanden im einzelnen bedeutsame Fortschritte statt?

Richens: Was GDS betrifft, bestanden die wichtigen Verbesserungen darin, grafischen Gebilden beliebige nichtgrafische Attribute zu geben, und in XBASIC, einer Programmiersprache, die die Erweiterung des Systems erlaubt. Beides wurde 1983 hinzugefügt. 1986 fügten wir eine einfache Form der Körpermodellierung hinzu.

Diese Entwicklungen fanden auch bei anderen Produkten statt. Sie führten alle den halben Weg zurück zu der umfassenden Form der dreidimensionalen Modellierung, die wir in den 70ern im Sinn hatten. Aber die bedeutsamsten Fortschritte wurden in den letzten Jahren dadurch erzielt, daß moderne Systeme für die Visualisierung in den Dienst der Simulation von Gebäuden gestellt wurden.

iX: Was erwarten Sie von der Zukunft?

Richens: Ich erwarte eine weitere Verbesserung der uns zur Verfügung stehenden Visualisierungstechnik, und ich hoffe auf einige echte Fortschritte in der immer noch ungelösten Modellierungsproblematik.

Kasten 5

Vom elektronischen Zeichenbrett zum Modellierungssystem

Die einfachsten CAD-Systeme können technische Zeichnungen im Rechner repräsentieren, bearbeiten und durch geeignete Ausgabegeräte (Plotter, Drucker, Grafikbildschirme) sichtbar machen. Dies ist gemeint, wenn von CAD-Systemen als elektronischen Zeichenbrettern die Rede ist.

Technische Zeichnungen sind keine zweckfreien Kunstwerke. Ihre Elemente sollen auf herzustellende Objekte verweisen, deren Beschaffenheit beschreiben und Aufschluß darüber geben, wie sie zu erzeugen sind. Damit ist eine Entwicklung in Gang gesetzt, die die Imitation des Zeichenbretts immer weiter hinter sich läßt. Die Gliederung der Komponenten in Gruppen und Ebenen sowie ihre Verknüpfung mit Attributen ist das älteste Mittel, um die Struktur der Objekte in den elektronischen Zeichnungen abzubilden.

Technische Strukturen im Rechner abbilden

Eine solche Ordnung macht es möglich, die synthetische Leistung des fachmännischen Blicks durch ein Programm zu imitieren und aus einer CAD-Zeichnung eine Stückliste zu generieren, die gleichartige Elemente zu Positionen zusammengefaßt und nach Gewerken geordnet aufführt.

Die Abbildung von technischen Strukturen im Rechner geht über das elektronische Zeichenbrett hinaus. Dadurch kann das Ziel, Entwicklung und Fertigung enger zusammenzuschließen, um daraus Rationalisierungseffekte zu gewinnen, eher erreicht werden: Wer die Arbeitsvorbereitung automatisieren will, muß die technischen Zeichnungen mit einer Struktur versehen, die ihre Analyse durch einen Rechner unterstützt.

Während des letzten Jahrzehnts stand vor allem die Modellierung der dreidimensionalen Geometrie von Körpern im Mittelpunkt des Interesses. Mit 3D-Volumenmodellierern wie ParaSolid, ACIS, Euclid 3 ist diese Entwicklung zu einem gewissen Abschluß gekommen. Ein offenes Thema ist dagegen noch die Modellierung der Produktkomposition.

Die Komposition funktionaler oder fertigungsbezogener Merkmale und Teile wie Öffnungen, Auskragungen, Wellen, Lager, Bolzen, Bohrungen, Gewinde, Schrauben, Schweißnähte, als die es ein Konstrukteur konzipiert haben mag, ist im CSG- wie auch im B-Rep-Modell eines Produkts verschwunden (siehe Glossar S. 58). Die Identifikation von Merkmalen und Komponenten in 3D-Körpern ist deshalb seit Jahren ein Thema [6]. Die modernsten Volumenmodellierer bieten sogar die Möglichkeit, 3D-Körper von vornherein als Komposition von Formmerkmalen (Form Features) aufzubauen.

Um ein Werkstück als solches darzustellen, reichen die herkömmlichen Datenmodelle der Volumenmodellierer nicht aus: Dazu ist zum Beispiel eine Erweiterung des CSG-Modells um merkmalsbezogene Primitive (Merkmalsdefinition, Merkmalsinstantiierung) nötig.

Unter der Bezeichnung STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) arbeitet die ISO derzeit an einem Standardisierungswerk, das primär dem Austausch maschinenlesbarer Produktdaten gilt. Dieser Ansatz ist von hoher Bedeutung für zukünftige CAD-Konzepte. Zur Formulierung der Modelle, die den austauschenden Daten zugrunde liegen, dient die Datendefinitionssprache EXPRESS, die auf zentralen Konzepten der objektorientierten Datenmodellierung basiert. Zudem sieht STEP die Schnittstelle SDAI (Standard Data Access Interface) für Produktdatenbanken vor.

Eine neue Generation von CAD-Systemen, die auf einem formalen Konzept der Modellierung (Metamodell) beruhen und in denen die Repräsentation von Geometrie nur ein Aspekt unter anderen ist, steht jedoch noch ebenso aus wie die Erarbeitung und Umsetzung der wichtigsten anwendungsspezifischen Informationsmodelle. Erste Ansätze dazu sind jedoch schon erkennbar: zum Beispiel in der Entwicklungsumgebung CAS.CADE, die Matra für Engineering-Anwendungen geschaffen hat.