

Eugeniusz RUSIŃSKI

The Institute of Machine Design and Operation  
Technical University, Wrocław, Poland

## SYSTEM CAD/FEM IN DER AGGREGATEENTWICKLUNG

**Inhalt.** Dieser Arbeit stellt über die Entwicklung und Anwendung System CAD/FEM dar. Das Problem ist mit dem Austausch produktbeschreibender Daten zwischen verschiedenartigen Systemen der rechnerunterstützten Konstruktion befaßt. Bei Anwendung der FE-Methode läßt sich der Detaillierungsgrad so hoch ansetzen, daß eine dreidimensionale Modellierung aller Bauteile möglich ist.

### 1. Einleitung

Alle am Wettbewerb auf dem Vertriebsmarkt beteiligten Firmen stehen unter dem Druck, ihre Effektivität in der Fertigungsvorbereitung ständig zu vergrößern. Die Produkte müssen bei hoher Qualität billig sein. Außerdem die für die Fertigungsvorbereitung benötigte Zeit durch immer neue technischorganisatorische Lösungen verkürzt werden.

Ein Nachteil der traditionellen technologisch-organisatorischen Prozesse der Sicherstellung der Produktion ist es, daß Lücken in der Kooperation vorhanden sind, dadurch bedingt, daß in spezialisierte Teams aufgeteilt wird (Bildung fachbezogener Spezialisierung). Dies erscheint einerseits bei der Lösung technischer Probleme günstig zu sein, der bewirkt erscheint aber andererseits unnötigerweise, daß die Kommunikation zwischen verschiedenen Spezialistengruppen, die an den Projektierungs- und Fertigungsprozessen von Maschinen beteiligt sind, verschwindet. Folge dieser Kommunikationsschwierigkeiten ist eine Qualitätsminderung. Optimierte Ziele lassen sich heute lediglich erreichen durch immer breiteren Einsatz von C-Technologien d.h. durch Rechnerunterstützung in allen Phasen von Entwicklung und Produktion. Dies beinhaltet die Einführung moderner Informationstechniken, bezeichnet mit Abkürzungen wie CAD, CAM und CAE, die zusammen mit Rechnerunterstützung der Verwaltung (CAA engl. C.A. Administration) Planung (CAP), Qualitätssicherstellung (CAQ) u.a. in Richtung der rechnerorientierten Produktion (CIM) gehen.

Die CIM Technologie umfaßt alle Aktivitäten der Systeme CAD/FEM, CAM usw. Die Einführung der integrierten Projektierungssysteme [1] und der Systeme der Fertigung, der Verwaltung und Planung kann erreicht werden durch:

- Verflachung der Struktur mit gleichzeitiger Einführung der parallelen Verbindungen zwischen Teilnehmern am Zyklus der Lebensdauer des Produktes,
- Einführung einheitlicher Eintragungsnormen von Text- und Graphikdaten für alle Projektierungssysteme, Analysen und Fertigungsarten, z.B. PDES/STEP, DXF, IGES.

Die Einbeziehung dieser Systeme mittels C-Technologie macht es möglich, Informationen (sowohl Text als auch Graphik) zwischen Team-Mitgliedern auszutauschen. Alle Teilnehmer haben somit die Möglichkeit alle Änderungen am Projekt zu verfolgen und wenn nötig zu reagieren.

## 2. Rechnergestützte projektierung - CAD

In den Bereich der Rechnerunterstützung fallen praktisch alle Aktivitäten, die in Verbindung stehen mit der Projektierung von:

- Datenbanken,
- geometrischer Modellierung, Projektierungslogik, Vorbereitung der Konstruktionsdokumentation,
- Festigkeitsmodellierung, Berechnung,
- Optimierung, Beratungssysteme.

Bild 1 stellt den Bereich des CAD in Form eines Blockschemas dar.

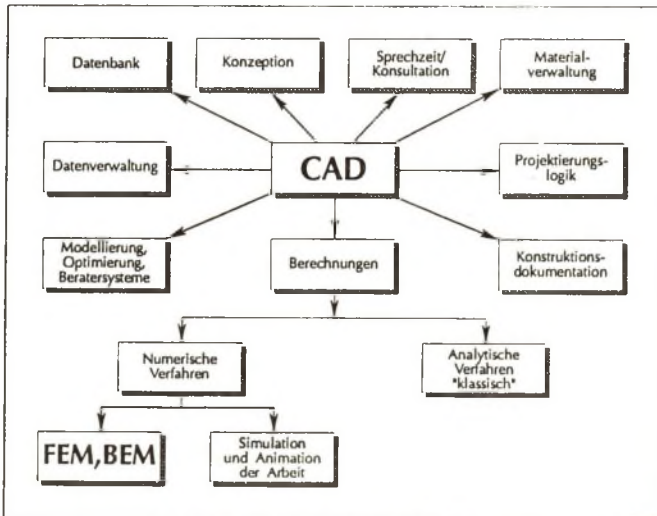


Bild 1. Bereiche und Umfeld des CAD

Die meisten in den 80-er Jahren erstellten CAD-Systeme führen am häufigsten einen, bzw. zwei oder drei Blöcke dieses Schemas aus (Bild 1). Dies bedeutet, daß man meistens in 2-D, seltener in 3-D modellieren und eine Konstruktionsdokumentation erstellen kann. Solche Möglichkeiten liefern AutoCAD, LogoCAD und ähnliche Systeme.

Wie bekannt, ist CAD nicht nur geometrisches Modellieren sondern vieles andere mehr: Berechnungen, Datenbanken, Materialverwaltung, Optimierung und erst dann Erstellung einer Konstruktionsdokumentation des Produktes.

Auch die geometrische Modellierung der 90-er Jahre ist ein Projektierungsprozeß (vor allem jedoch in 3-D), der das Modell mittels "Solid"-Elementen wiedergibt (Bild 2).



Bild 2. Geometrische Darstellung die Kurbelwelle in 3-D

Von den vielen vorhandenen Systemen sind zu nennen: ICEM der Firma CONTROL DATA, PATRAN, VW-GEDAS, MEDUSA. Vorteile und die Idee des CAD dieser Systeme stellt Bild 3 dar.

Die Benutzerfreundlichkeit dieser Systeme stellt die Möglichkeit dar, einzelne Teile miteinander zu verbinden unter gleichzeitiger Kontrolle ihrer Zusammenarbeit.

Eine große Bedeutung in dem Verfahren CAD hat der Übergang vom geometrischen auf das diskrete Modell hin zur Festigkeitsberechnung mittels der FEM.

Der überwiegende Teil der CAD-Systeme macht es möglich direkt oder mittels spezieller Module mit FEM-Systemen zusammenzuarbeiten, wie z.B. ABAQUS, ADINA, ANSYS, NASTAR oder das weit verbreitete und effektive System COSMOS/M. Bild 4 zeigt ein solches Interface.

Für den Datenaustausch zwischen Systemen der gleichen Art (z.B. CAD/FEM) bieten sich Schnittstellen mit einer eigenen internen Datenbeschreibung an, die unabhängig vom sendenden und empfangenden System ist. Damit erreicht man eine neutrale, standardisierte Repräsentation der Daten, die infolge ihrer genormten Beschreibung zuverlässige und genügend umfassende Modul zum Datenaustausch erlauben. Es hat zahlreiche Ansätze für solche neutrale Schnittstellen gegeben, von denen einige in der Industrie weite Verbreitung gefunden haben (z.B. IGES und VDAFS).

Die Mehrheit der bestehenden Systeme der geometrischen Modellierung verfügt über ein solches Interface zu FEM-Systemen.

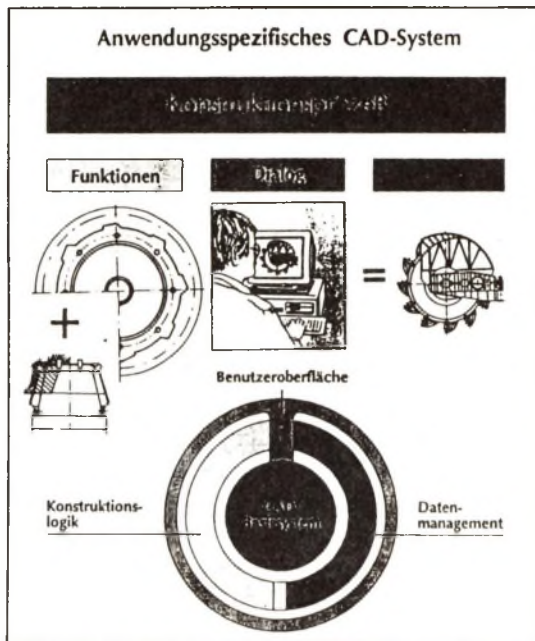


Bild 3. Idee der CAD-Systeme im Einsatz zur Maschinenentwicklung

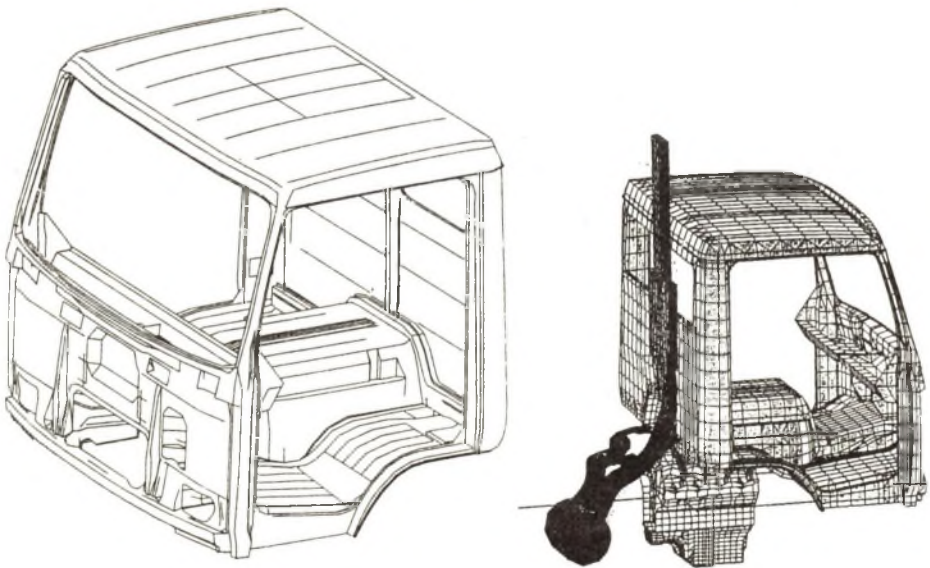


Bild 4. Integration der Systeme zum geometrischen Modellieren AutoCAD-a und zur Festigkeitsberechnung COSMOS/DESIGNER

### 3. Festigkeitsanalyse - FEM

Einer der wichtigeren Blöcke des Systems CAD/CAM sind numerische Verfahren, mit deren Hilfe vom Gesichtspunkt der Festigkeit her die Modellierung der Konstruktion der Elemente durchgeführt werden kann. Von den vielen numerischen Verfahren die zusammen mit CAD-System an verwendet werden, ist die FEM aufgrund ihrer Vorteile am weitesten verbreitet [5,4].

Heutige Konstruktionen vieler wichtiger Maschinen und deren Baugruppen hatten nicht diesen Entwicklungsstand erreicht und nicht diese optimalen Parameter aufweisen können, wenn bei ihrer Entwicklung die numerische Modellierung deren geometrischen, materialbezogenen und dynamischen Eigenschaften nicht eingesetzt worden wäre. Der Einsatz von 3-D Elementen in Berechnungsmodellen der FEM erlaubt, eine genaue Beschreibung des physikalischen Modells zu erstellen. Dabei können die verschiedenen Komponenten des integrierten Systems auf dieselben die Modellierung des Konstruktionselements beschreibenden Daten zugreifen (z.B. AutoCAD und das System COSMOS/DESIGNER). Die bisher durchgeführten Festigkeitsberechnungen von tragkonstruktionen dieser Maschinen mittels FEM [3,4] trafen notwendigerweise nur auf vereinfachte Modelle zu.

Eine bessere Wiedergabe der realen Konstruktion bewirkte, daß die Modelle komplizierter wurden. Dies erforderte leistungsfähigere Berechnungsprogramme und viel schnellere Rechner mit einer erheblich größeren Speicherkapazität. Heutzutage ist die Vorbereitung großer Modelle mittels CAD-Systeme kein Problem mehr und Systeme wie COSMOS/M machen es möglich, Konstruktionen mit bis zu 200 Tausend Freiheitsgraden auf einem IMB PC-486 analysieren zu können. Bild 5 stellt beispielhaft Berechnungsschemen für Autokran.



Bild 5. Berechnungsschemen für Autokran

Die Stahlkonstruktion der Autokran (Bild 5) wurde mittels räumlicher Schalenelemente SHELL4T und SHELL3T. Die ganze Obergestellkonstruktion wurde mit ~32000 Knoten diskretisiert.

Das Modell wurde für Festigkeitsberechnungen mit dem COSMOS/M System vorbereitet und die gewonnenen Ergebnisse sind in Bild 6 beispielhaft dargestellt.

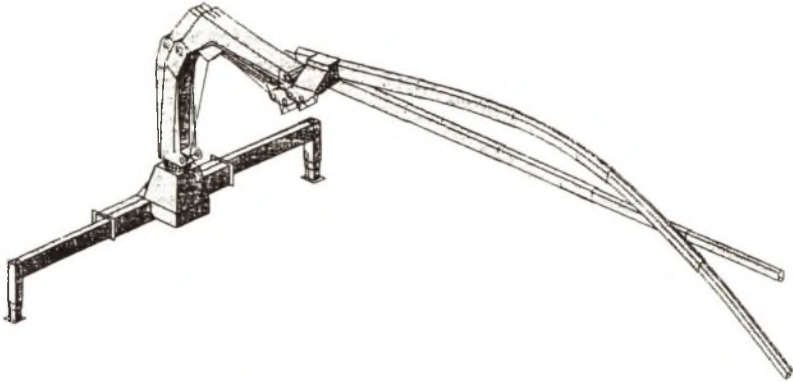


Bild 6. Schwingungsform - Autokran

#### 4. Schlußfolgerungen

Die gesondert dargestellten Aspekte der integrierten Systeme CIM sowie der Untersysteme für die Festigkeitsberechnungen mittels FEM bieten viele Möglichkeiten, die Fertigungszeit eines Produktes zu verkürzen, sowie ein qualitativ hochwertiges Produkt zu erzeugen. Eine solche Produktionsform sollten die Unternehmen anstreben.

Es wird angenommen, daß die Einführung der C-Technologie in die Industriepraxis die Zeit, die für die Inbetriebnahme der Fertigung eines statistischen mechanischen Produktes 5 Jahre beträgt (80-er Jahre der konventionellen Technologie), auf bis zu ein Jahr (um das Jahr 2000) reduzieren kann. Aber auch in diesem Bereich gilt der Grundsatz, daß auch modernste Technologien nur so gut sind, wie sie die Menschen nutzen können.

#### SCHRIFTTUM

- [1] Maier, H.: CAD-Marktübersicht 1988. FB/E 37 (1988) 4.
- [2] Schacht, M.: Methodische CAE-Vorarbeiten bei variantenreichen Produkten.
- [3] Neipp, G.: Die Fabrik der Zukunft. Technische Mitteilungen Krupp 1/1986.

- [4] Rusiński, E.: Mikrokomputerowa analiza ram i nadwozi pojazdów i maszyn roboczych. Warszawa 1991.
- [5] Zienkiewicz, O.C. and Taylor R.L.: The finite element method. Vol. 1 and Vol. 2. McGRAW-Hill Book Company, London 1989.

Gutachter: Gabriel Wróbel