

KONSTRUIEREN MIT FUNKTIONAL-TECHNISCHEN OBJEKTEN ZUR KOPPLUNG VON BERECHNUNG UND GESTALTUNG

*Prof. Dr.-Ing. habil. J. Klose
Dipl.-Ing. T. Zetzsche*

Kurzfassung

Im Rahmen des Schwerpunktprogrammes: „Innovative rechnerunterstützte Konstruktionsprozesse: Integration von Gestaltung und Berechnung“ der DFG wurde ein Entwurfssystem für die Konstruktion entwickelt. Durch die rechnerinterne Kopplung verschiedener DV-Systeme, die in einem heterogenen Netzwerk verteilt sein können, entfallen die derzeit notwendigen Mehrfacheingaben identischer Daten, die beispielsweise bei der Anwendung von CAD-Systemen und Berechnungsprogrammen auftreten. Der Konstrukteur nutzt das Entwurfssystem zur Erstellung eines Datenmodells, in dem alle Angaben zur geometrischen Struktur und zur Funktionsstruktur gespeichert sind. Das System gewährleistet die gleichwertige Modellierung der Funktionsstruktur und der geometrischen Struktur. So können sowohl Geometriemodelle mit funktionspezifischen Erweiterungen als auch abstrakte Modelle der Funktionsstruktur rechnerintern abgebildet werden. Damit ist das System auch während der frühen Phasen des Entwurfsprozesses einsetzbar.

Der Vortrag stellt den Prototypen des Entwurfssystems vor und erläutert aus Anwendersicht die Lösungsvariante für die rechnerinterne Kopplung von Berechnung und Gestaltung. Einzelheiten zur systemtechnischen Implementierung sind anderen Veröffentlichungen der Autoren zu entnehmen [1], [2].

1 Einleitung

Die verfügbaren Potentiale der Informationstechnik werden im Entwurfsprozeß bisher nur ungenügend genutzt. Für Problembereiche stehen dem Konstrukteur leistungsfähige Softwarelösungen zur Verfügung (CAD-Systeme, Berechnungsprogramme etc.). Der Datenaustausch zwischen diesen einzelnen Applikationen ist dagegen nur ungenügend bzw. nicht gelöst. Die daraus resultierende fehlende Rechnerunterstützung für den gesamten Entwurfsprozeß führt zum Einsatz der Workstation als elektronisches Zeichenbrett bzw. als Rechenmaschine. Basierend auf den sogenannten funktional-technischen Objekten (FUTO) wurde ein Entwurfssystem für die Konstruktion entwickelt, das durch eine Schnittstellenlösung die rechnerinterne Kopplung verschiedener Applikationen gewährleistet und Werkzeuge zur Modellierung komplexer Funktionsstrukturen und zur Steuerung des bidirektionalen Datenaustauschs zwischen den gekoppelten Programmen bereitstellt.

Der Konstrukteur erstellt mit dem System in einem iterativen Prozeß ein rechnerinternes Modell, das alle Angaben zu der geometrischen Struktur und zur Funktionsstruktur umfaßt. Externe Applikationen wie Berechnungsprogramme für die Dimensionierung oder Nachrechnung werden über Verweise im Datenmodell integriert.

2 Architektur und Funktion des Entwurfssystems

Das Entwurfssystem ist für den Einsatz in einem heterogenen Netzwerk entwickelt worden. Um die volle Netzwerkfunktionalität und die unkomplizierte Erweiterbarkeit des Systems zu gewährleisten, wurde eine Server-Client-Architektur gewählt. An das Basissystem (Server) können gleichzeitig mehrere Arbeitsplätze (Clienten) gekoppelt werden (Bild 1).

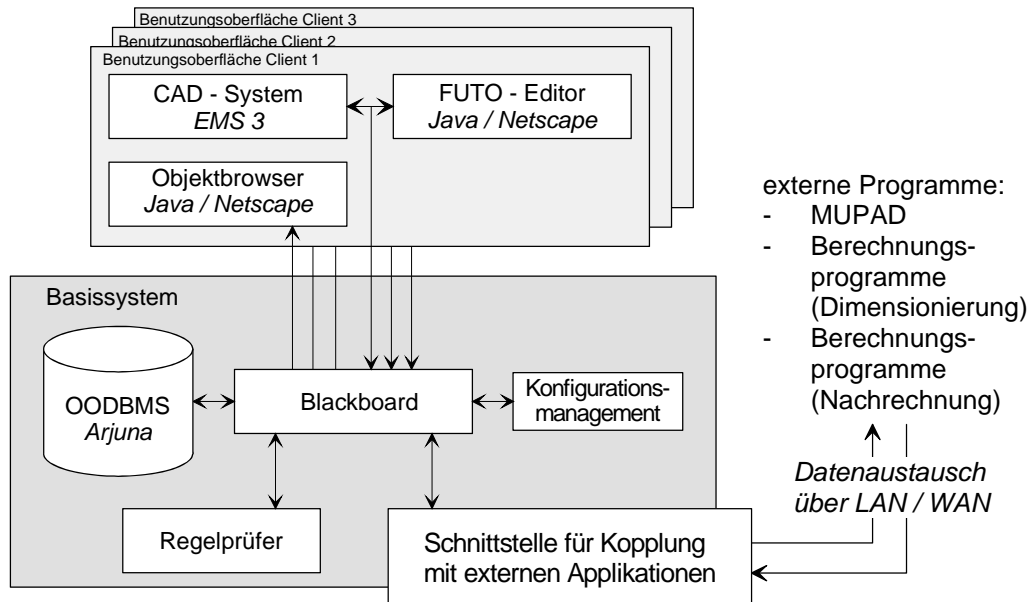


Bild 1. Systemarchitektur

Die vom Konstrukteur bisher genutzte Entwicklungsumgebung, das CAD-System, ergänzt ein Editor für die Modellierung der Funktionsstruktur und ein Browser zur Anzeige der Funktionsstruktur des aktuellen Arbeitsmodells. Im Editor sind alle notwendigen Funktionen für die Kommunikation mit den Modulen des Basissystems integriert.

Externe Applikationen werden nur an das Blackboard gekoppelt und können von allen Arbeitsplätzen über das Netz aktiviert werden. Dem Nachteil der damit verbundenen Netzlast steht der Vorteil der unkomplizierten Erweiterbarkeit des Systems gegenüber.

3 Definition neuer funktional-technischer Objekte

Prinzipiell ist die Modellierung von geometrischer Struktur und Funktionsstruktur der FUTOs gleichwertig möglich. Die Definition funktional-technischer Objekte kann somit ausgehend von einem verfügbaren CAD-Modell oder auch von einer bereits mathematisch beschriebenen Funktionsstruktur erfolgen. Nachfolgend werden diese Varianten näher erläutert.

Vom CAD-Modell zum FUTO:

Mit dem Entwurfssystem können alle parametrischen 3D-CAD-Systeme gekoppelt werden, die die Ausgabe und die Aktualisierung der Parameter des CAD-Modells über eine Schnittstelle unterstützen. Da während der Entwicklung des Entwurfssystems keine standardisierten Schnittstellen für den Austausch parametrischer 3D-Modelle zur Verfügung

standen, erfolgt der Datenaustausch über die Programmierschnittstelle des CAD-Systems EMS 3.0.

Bereits erstellte CAD-Modelle können zu funktional-technischen Objekten qualifiziert werden. Ein Datensatz, in dem die Parameter des CAD-Modells gespeichert sind, wird über die Programmierschnittstelle des CAD-Systems ausgegeben und anschließend im Editor eingelesen.

Basierend auf diesem Datensatz definiert der Nutzer die Funktionsstruktur der Objekte. Der Editor unterstützt folgende Funktionen:

1. Vergabe von logischen Namen bzw. Schlüsselwörtern:

Die von den CAD-Systemen automatisch vergebenen Parameterbezeichner sind meistens wenig aussagekräftig. Aus diesem Grund wurden logische Bezeichner für die Parameter eingeführt. Die logischen Namen sind vom Nutzer den Parametern zuzuordnen und können anschließend verwendet werden. Mit den Namen wird einerseits die Struktur verständlich beschrieben (Nenndurchmesser, Außendurchmesser, Wandstärke,...). Andererseits sind die Namen als Schlüsselworte für die Kopplung mit externen Programmen einsetzbar.

2. Definition von Zugriffsrechten:

Die Parameter der Objekte können entsprechend der zulässigen Editierbarkeit in folgende drei Gruppen eingeordnet werden: Alle globalen Parameter/ Nennmaße sind *public* (Lesen, Schreiben zulässig). Parameter, die nur für die Kombination mit anderen Objekten gelesen, aber nicht manuell geändert werden dürfen, sind *private*. Geschützte Parameter (*protected*) können nur objektintern gelesen und geändert werden. Standardmäßig wird ein funktional-technisches Objekt nur mit den Parametern des Typs *public* angezeigt. Detailliertere Anzeigemodi sind einstellbar.

3. Mathematische Beschreibung von Parameterbeziehungen (objektintern):

Beziehungen zwischen den Parametern eines Objekt können direkt mit dem Editor in Form von Gleichungen definiert werden. Für die Lösung von Gleichungen und Gleichungssystemen wurde das Programm MuPAD [3] an das System gekoppelt.

4. Kopplung mit externen Programmen:

Für eine Vielzahl von Bauelementen existieren Dimensionierungs- oder Nachrechnungsprogramme. Diese Programme können den funktional-technischen Objekten zugeordnet werden. Parameter des CAD-Modells sind entsprechenden Eingabedaten für die Berechnungen zuzuordnen und werden bei Programmaufruf direkt aus der Datenstruktur gelesen. Fehlende Daten für die Berechnungen werden vom Nutzer abgefragt. Die Steuerung der Programme erfolgt über spezielle Funktionsfelder des Editors.

Von der Funktionsstruktur zum FUTO:

Ausgehend von der mathematisch beschriebenen Funktionsstruktur ist die Definition neuer funktional-technischer Objekte ebenso möglich. Den Parametern der Berechnungsprogramme, die CAD-Daten entsprechen (Durchmesser, Bauteildicke, Längen etc.), sind CAD-Bezeichner zuzuordnen. Mit diesen Daten wird ein neues CAD-Modell erzeugt, in dem die CAD-Parameter vorgegeben sind. Anschließend erstellt der Konstrukteur das entsprechende geometrische Modell und ordnet die Parameter zu. Die automatische

Generierung der Geometrie basierend auf der Funktionsstruktur wurde noch nicht implementiert.

Neben der kompletten Neudefinition der FUTOs können auch bereits bestehende Objekte erweitert werden. Dabei ist sowohl die Änderung der Geometrie als auch der funktionspezifischen Eigenschaften zulässig. Um Inkonsistenzen auszuschließen müssen aber modifizierte Objekte als neues Objekt gespeichert werden, das Überschreiben bestehender Objekte ist nicht zulässig.

Außer der oben beschriebenen Definition von FUTOs, die Bauteilen entsprechen, ist auch die Generierung von Baugruppen und von Objekten ohne Geometrie (Belastungen, Werkstoffkennwerten etc.) möglich. Vergleichbar mit Baugruppen können mehrere FUTOs in einem neuen funktional-technischen Objekt zusammengefaßt werden. Dieses wird wieder nur durch Schnittstellenparameter (*public* und *private*) repräsentiert. Die Modellierung dieser Objekte wird im nächsten Kapitel näher erläutert.

4 Konstruieren mit funktional-technischen Objekten

Derzeitig verfügbare CAD-Systeme unterstützen die Modellierung komplexer Baugruppen, die für spätere Varianten- und Anpassungskonstruktionen geeignet sind, noch nicht ausreichend. Mit parametrischen CAD-Systemen ist die Definition von Beziehungen zwischen Parametern nur eingeschränkt möglich. So können den Parametern der in Baugruppen enthaltenen Einzelteile nur neue Werte zugewiesen werden, die Definition von Gleichungen zur Parameterauslegung ist für Einzelteile nicht möglich. Eine weitere Schwachstelle der CAD-Systeme liegt in der fehlenden Unterstützung von Baugruppen mit variabler Elementanzahl. Beispielsweise ist die Modellierung einer Verbindung mit einer lastabhängigen Anzahl von Schrauben, die auf einem Teilkreis angeordnet sind, nicht möglich.

Verfügbare FUTOs können zur Konstruktion neuer Baugruppen verwendet werden. Die Objekte werden im CAD-System analog zu der Modellierung mit Einzelteilen im Baugruppenmodell plaziert. Zusätzlich zum CAD-Modell werden die Objektdaten der Funktionsstruktur im Arbeitsmodell eingefügt und in den FUTO-Editor geladen. Die an die Objekte gebundenen Funktionsbeschreibungen bilden die Basis für die Entwicklung komplexer Modelle. Analog zur Erstellung funktional-technischer Objekte sind Bezeichner und Zugriffsrechte zu vergeben, interne Berechnungsvorschriften zu definieren und Parameterzuweisungen für externe Programme zu erweitern oder zusätzliche Programme zu koppeln (vgl.: Kapitel 3).

Das Entwurfssystem unterstützt die Definition von Constraints zwischen Parametern des Arbeitsmodells unabhängig von der Hierarchieebene (Parameter der Baugruppe, eines eingefügten Teiles oder eines Teiles einer eingefügten Baugruppe etc.) und die Verwaltung von Baugruppen mit variabler Anzahl an Teilen. Die Einsparung der mit CAD-Systemen notwendigen schematischen Tätigkeiten:

- Einfügen und Entfernen von Elementen,
- manuelle Parameteränderungen und
- manueller Datenaustausch bzw. Mehrfacheingaben identischer Daten,

die mit dem Entwurfssystem erzielt wird, führt zur Verkürzung der Entwicklungszeiten.

Die mit dem System entwickelten Baugruppen sind abschließend als neue funktional-technische Objekte in der Datenbank „Arjuna“ [4] des Basissystems abzuspeichern und

können bei späteren Konstruktionsaufgaben verwendet werden. Der Bestand an funktional-technischen Objekten wird somit ständig erweitert. Der zusätzliche Zeitaufwand für die Definition der funktional-technischen Objekte gegenüber der reinen CAD-Modellierung wird durch die effizienteren Varianten- und Anpassungskonstruktionen wieder ausgeglichen.

Der Vorteil des Konstruierens mit funktional-technischen Objekten resultiert aus der unkomplizierten Definition einer mathematischen Beschreibung der Funktionsstruktur einfacher Bauelemente sowie komplexer Baugruppen. Die Funktionsstrukturen der Bauelemente und -gruppen müssen nicht eineindeutig bestimmt sein. Inkonsistenzen und fehlende Angaben werden vom System erkannt und der Anwender zur Problemlösung aufgefordert. Parallel zum Entwurfsprozeß analysiert das System fortlaufend das aktuelle Arbeitsmodell, aktiviert relevante Berechnungsprogramme und überträgt bidirektional Daten im Netz.

5 Zusammenfassung

Der Einsatz des Entwurfssystems auf Basis funktional-technischer Objekte wird als effiziente Lösungsvariante für die Problematik der Kopplung von Berechnung und Gestaltung im Konstruktionsprozeß gesehen. Im Gegensatz zu den kommerziellen Konstruktionssystemen kann das System nahezu unbegrenzt durch zusätzliche Applikationen erweitert werden. Die spezielle Architektur des Systems und die Netzwerkmodule unterstützen auch die Kopplung von Applikationen, die in einem heterogenen Netzwerk verteilt sind. Das Entwurfssystem ersetzt die Funktionen der einzelnen Applikationen nicht, sondern nutzt diese und stellt zusätzliche Funktionen für den bidirektionalen Datenaustausch, die effizientere Modellierung komplexer Funktionsstrukturen und die Auswertung vernetzter Constraints zur Verfügung.

Bei der Entwicklung wurde auf die Integration verfügbarer Programme im Gesamtsystem geachtet. Damit soll eine kostengünstige Alternative zu den komplexen Konstruktionssystemen, die eine hohe Funktionalität bei entsprechenden Kosten bieten, durch die Weiterverwendung der bisher genutzten Programme geboten werden. Perspektivisch werden sich die modular aufgebauten, konfigurier- und erweiterbaren Entwurfssysteme neben den komplexen Systemen behaupten, da sie unter anderem aus Kostengründen nicht nur für kleine und mittelständische Unternehmen interessant sind.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Klose, J.; Römer, S.; Zetsche, T.: Entwurfssystem zur Unterstützung früher Konstruktionsphasen durch funktional-technische Objektmodellierung. in: Effiziente Anwendung und Weiterentwicklung von CAD/CAM Technologien, VDI-Bericht 1289, 1996
- [2] Klose, J.; Römer, S.; Steger, W.; Zetsche, T.: Funktional-technische Objektmodellierung zur Integration von Entwurf, Berechnung und Gestaltung. In: Features verbessern die Produktentwicklung - Integration von Prozeßketten, VDI-Berichte 1322, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1997
- [3] The MuPAD Group (Benno Fuchssteiner et al.): MuPAD User's Manual - MuPAD Version 1.2.2, B.G. Teubner, Stuttgart, April 1996 ISBN 3-519-02114-5
- [4] <http://arjuna.ncl.ac.uk/>

Prof. Dr.-Ing. habil. Johannes Klose
Institut für Maschinenelemente und
Maschinenkonstruktion
Konstruktionstechnik/ CAD
Technische Universität Dresden
01062 Dresden, Germany
Tel: 0351 4633291
Fax: 0351 4637050
EMail: klose@mkc.mw.tu-dresden.de
Internet: <http://wwwmkc.mw.tu-dresden.de>

Dipl.-Ing. Torsten Zetzsche
Institut für Maschinenelemente und
Maschinenkonstruktion
Konstruktionstechnik/ CAD
Technische Universität Dresden
01062 Dresden, Germany
Tel: 0351 4633291
Fax: 0351 4637050
EMail: zetzsche@mkc.mw.tu-dresden.de
Internet: <http://wwwmkc.mw.tu-dresden.de>