

Integration von Gestalten und Berechnen - Möglichkeiten und Anwendungsgrenzen

Klose, Johannes

Die Integration von Gestalten und Berechnen ist eine dem Konstruktionsprozeß immanente Zielstellung. Unter den Bedingungen und Möglichkeiten der Rechnerunterstützten Konstruktion ergeben sich verschiedene Integrationsstufen, einhergehend mit Erweiterungen der CAD-Systeme. Ziel der Integration ist das automatisierte Gestalten im Ergebnis von Berechnungen, wobei der Leistungsumfang begrenzt ist. Das kann sowohl den Objektbereich als auch den Handlungsbereich betreffen. Forschungsseitig wird die Erweiterung dieser Grenzen angestrebt. Als Beispiele werden das CAD-Referenzmodell und das Konstruieren mit funktional-technischen Objekten behandelt.

Gestalten und Berechnen sind neben dem Informieren zwei wesentliche Fachkomponenten des konstruktiven Entwicklungsprozesses. Beim Konstruieren wird ein technisches Gebilde gedanklich so weit entwickelt, daß es bezüglich seiner funktionell-geometrischen Struktur eindeutig und vollständig beschreibbar, abbildbar und herstellbar ist. Die Abbildung dieses mental entwickelten Modells eines Produktes erfolgt in Form der technischen Zeichnung bzw. eines rechnerinternen Modells bei der Rechnerunterstützten Konstruktion /1/.

Beim Konstruieren ist es notwendig, alle Phasen des Produktlebenszykluses im voraus zu bedenken, d. h. von der Fertigung bis zum Recycling auftretende Anforderungen zu berücksichtigen. Daraus resultiert die Vielzahl der „Gerechtheiten“, denen ein Produkt entsprechen muß.

Besonders interessant ist die Frage, wie wird im Betriebseinsatz das Produkt funktionieren, werden die gewählten Abmessungen ausreichen, sind sie nicht zu groß gewählt, werden zu erwartende dynamische Einflüsse ertragen usw. Aus diesem Grund ist die Simulation des Verhaltens des künftigen Produktes im Betriebseinsatz für den Produktentwickler sehr bedeutungsvoll. Diese Simulation ist aber nur möglich, wenn sich das Betriebsverhalten durch physikalische Gesetzmäßigkeiten beschreiben läßt, welche rechnerisch faßbar sind. Beim konventionellen Konstruieren wird diese Integration der Berechnungen vom Bearbeiter direkt vorgenommen. Die Steuerung des Berechnungsablaufes, das Beachten von Regeln, die Manipulation und das Speichern von Daten werden durch Denkprozesse des Bearbeiters gesteuert und ausgelöst. Beim Bearbeiter erfolgt somit eine echte „Integration von Gestalten und Berechnen“.

Unter den Bedingungen des Rechnerunterstützten Konstruierens ist diese Integration im Rahmen des CAD-Systems vorzunehmen.

Merkmale für eine solche Integration sind

- Methoden, Regeln, Informationen usw. stehen intern zur Verfügung.
- Daten werden intern bereitgestellt.
- Die Gestalt wird im Ergebnis von Berechnungen systemintern dimensioniert, beeinflußt und festgelegt.

Im folgenden soll am Beispiel der Festigkeitsberechnungen die Integration näher betrachtet werden. Beim Berechnen der Festigkeit von Bauteilen wird eine Kontrolle der Ertragbarkeit von Beanspruchungen vorgenommen bzw. es werden die Abmessungen bestimmt, die erforderlich sind, um mit Sicherheit auftretende Beanspruchungen ertragen zu können. Dazu ist es im Komplex Berechnen und Gestalten notwendig, Informationen über den Werkstoff des Bauteils und dessen Eigenschaften sowie Informationen über angreifende Belastungen mit einzubeziehen /2/.

Diese Informationen sind in CAD-Systemen üblicherweise nicht enthalten. Das ist darauf zurückzuführen, daß im Rahmen der CAD-Systeme Unterlagen und Vorschriften für die Fertigung und Montage der Produkte erarbeitet werden. Das bedeutet aber andererseits, daß zur Integration von Berechnen und Gestalten die Systeme inhaltlich um Informationen zum Werkstoff und zu angreifenden Belastungen erweitert werden müssen.

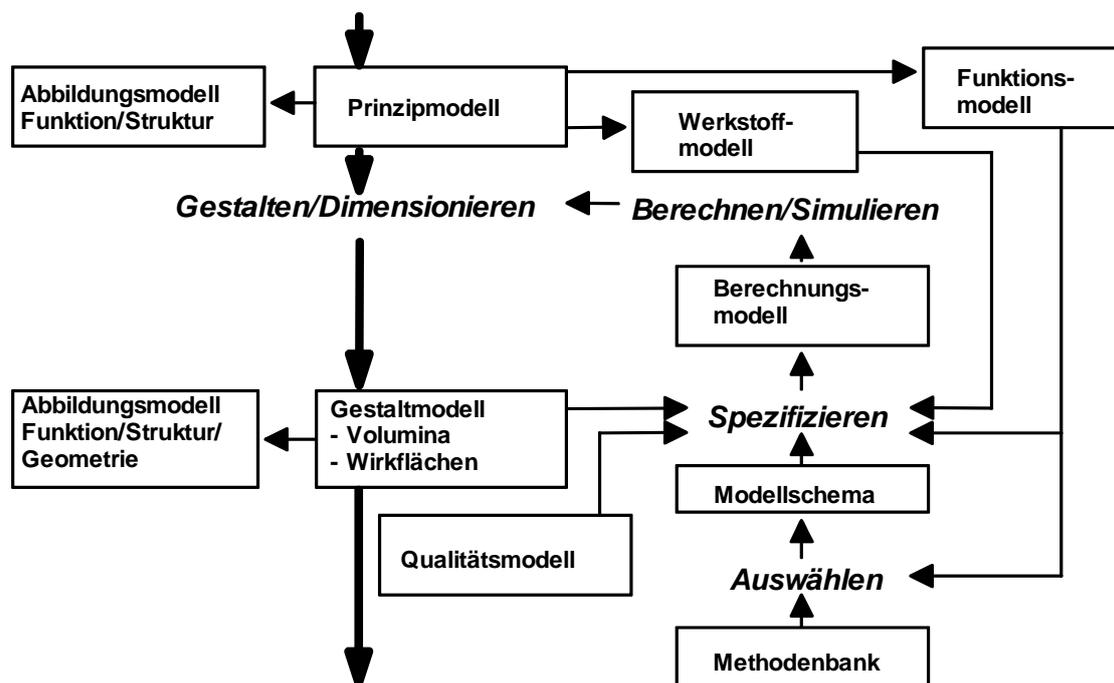


Bild 1: Modellverbindungen beim Entwerfen

Die Verbindung dieser Komponenten läßt **Bild 1** deutlich erkennen /3/. Der iterative Kreislauf zwischen dem „Gestalten/Dimensionieren“ und dem „Spezifizieren eines Modellschemas zum Berechnungsmodell“ ist für diese Darstellung die zentrierende Handlungsfolge. Sie kann jedoch nur vonstatten gehen, wenn eine Reihe weiterer Partialmodelle des Produktes zur Verfügung stehen und ausgewertet werden können. So ist beispielsweise das Funktionsmodell erforderlich, um aus einer Methodenbank ein geeignetes Berechnungsverfahren, sprich Modellschema, auszuwählen. Um dieses zu spezifizieren, werden Wirkflächen, Volumina, Abmessungen usw. aus dem Gestaltmodell benötigt. Aus dem Werkstoffmodell sind die Eigenschaften des Bauteilwerkstoffes erkennbar.

Die Bereitstellung der Daten über Funktionswerte nach Art, Größe und zeitlichem Verlauf, über Geometrieinflüsse und über Werkstoffinformationen nach Art und Behandlung erfordern eine geordnete Verfügbarkeit der Daten. Um diese zu gewährleisten, hat sich herausgebildet, die Daten in Form von Produktmodellen abzulegen, wobei eine Spezifizierung nach Art der Produkte einengend erforderlich ist.

Für das Spezifizieren des Berechnungsmodells und das Gestalten sind das Wissen des Bearbeiters und das Einholen von Informationen notwendig. D. h. auch eine Wissensbereitstellung ist erforderlich und hat zur Ausprägung der wissensbasierten Systeme geführt.

Da die Zahl der Produkte, die Menge des Wissens und die Menge der Berechnungsmethoden so groß ist, daß sie in der Gesamtheit in einem System nicht beherrschbar sind, müssen Entwurfssysteme auf ausgewählte Teilmengen beschränkt werden. Durch diese Einengung sind der bearbeitbare Objektbereich und der mögliche Handlungsbereich kennzeichnende Merkmale für CAD-Entwurfssysteme.

Mit zunehmendem Automatisierungsgrad der konstruktiven Entwicklung werden im allgemeinen der Objektbereich und der Handlungsbereich immer enger begrenzt.

Ein typisches Beispiel dafür ist die Variantenkonstruktion. Produkte, für die sich eine Variantenkonstruktion aufbauen läßt, sind sehr effizient zu konstruieren. Die Automatisierung läßt sich soweit treiben, daß alle prinzipiellen Varianten vorausgedacht werden und über Eingabe der

kundenwunschabhängigen Parameter das rechnerinterne Modell automatisch aufgebaut wird und komplett bemaßte Zeichnungen ausgegeben werden können. Die Grenzen liegen hier in der starren bzw. nur geringfügig beeinflussbaren Modellstruktur. Im wesentlichen ist das Gestaltprinzip festgelegt, und durch integrierte Berechnungen werden Abmessungsvarianten ermittelt. Das Einbeziehen der Berechnung in die Gestaltung ist historisch betrachtet ein schrittweiser Prozeß von der einfachen Systemkopplung bis zur Integration von Berechnungen als objektimmanente Eigenschaft.

Die Kopplung von Berechnungssoftware und CAD-System ist am weitesten verbreitet. Dabei werden die mittels CAD-System entwickelten Geometriedaten im Berechnungssystem verarbeitet. Die Belastungs- und Werkstoffdaten sind vom Bearbeiter zusätzlich einzugeben. Die Auswertung der Ergebnisse muß durch den Bearbeiter vorgenommen und in die Gestalt übertragen werden. D. h. es ist somit keine echte Integration vorhanden.

Daß bei der Gestaltung der Schnittstelle zwischen CAD-System und Berechnungssystem nach möglichst großer Effizienz gesucht wird, führte zur Entwicklung geeigneter Adapter /4/ und Dateninterpreter /2/ bzw. Verbindungen über Produktmodelle /5/. Die Rückführung der Berechnungsergebnisse in das CAD-System erfordert einen Zugriff auf das rechnerinterne Modell des zu konstruierenden Gebildes. Das ist wiederum nur in relativ engen objektbezogenen Grenzen möglich. Nicht zu verkennen sind vielfältige Ansätze in dieser Richtung. Das Bemühen um allgemeingültige Lösungen mit großen Handlungsspielräumen ist derzeit Forschungsgegenstand an verschiedenen Einrichtungen.

Sehr interessant in dieser Richtung sind die Bemühungen um das CAD-Referenzmodell /6/, /7/. Bei diesem Konzept ist der Anwendungsteil so gegliedert, daß aus elementaren Benutzungsfunktionen (Basisfunktionen) durch geeignete Verkettung Benutzungsfunktionen höherer Leistungsfähigkeit gebildet werden können. Der Zahl der so zu bildenden Konfigurationen sind allerdings auch seitens der Beherrschbarkeit Grenzen gesetzt.

Ein anderes Beispiel ist das Konstruieren mit funktional-technischen Objekten /8/, /9/. Das sind Konstruktionsbausteine, die in einer semantischen Beschreibung vorliegen oder generiert werden können und außer geometrischen Beziehungen auch Informationen zur Lage eines Objektes, zu Standardwerten, zu angreifenden Kräften und insbesondere auch über Relationen zwischen Bauelementen enthalten. Diese funktional-technischen Objekte erlauben es, symbolhafte Darstellungen in Form einer skizzenhaften Entwicklung von Funktionsstrukturen vorzunehmen, ohne daß sofort konkrete Werte spezifiziert werden müssen. Die Erweiterung der Vorgabedaten kann durch neue Parameter schrittweise während des Konstruktionsprozesses erfolgen und führt somit zu einem immer detaillierteren Modell. Verweise auf externe Applikationen haben einen direkten Bezug auf Parameter des Modells. Weiterhin lassen sich funktionale Beziehungen im Modell durch entsprechende Referenzen ausweisen. Mit Hilfe der funktional-technischen Objekte sowie deren inneren und äußeren Verknüpfungen lassen sich durch Vereinigung neue Objekte größerer Komplexität bilden. Auf diese Weise wird das zu konstruierende Gebilde in seiner Struktur, seiner stofflichen Zusammensetzung und seiner Beanspruchung beschrieben. Das so entstehende System wird im Dialog mit dem Nutzer aufgelöst. Auch bei dieser Form der Integration von Berechnung und Gestaltung, welche in diesem Fall sehr konsequent von Anfang an beschränkt wird, ergeben sich Grenzen, weil die Auflösung der Systeme relativ aufwendig ist, selbst um geringfügige Veränderungen vorzunehmen.

In analoger Weise hat sich die Arbeit mit Features schrittweise immer weiter qualifiziert, so daß zu ähnlichen Arbeitsweisen gekommen wird.

Diese wenigen ausgewählten Beispiele aus einer Vielzahl von Untersuchungen unterstreichen nochmals, daß Lösungen für Entwurfssysteme entweder objekt- oder handlungsseitig Grenzen gesetzt sind. Nicht zu verkennen ist dabei der Trend, die Allgemeingültigkeit zu vergrößern und den Automatisierungsgrad zu erhöhen.

Literaturverzeichnis

- /1/ Klose, J.: Konstruktionsinformatik im Maschinenbau. Berlin: Verlag Technik, 1990
- /2/ Klose, J.; Steger, W.: Interfaces zwischen CAD-Systemen und Berechnungssoftware für Maschinenelemente. In: Datenverarbeitung in der Konstruktion/CAD im Maschinenbau. VDI-Berichte 993.1, S. 149 - 164, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1992
- /3/ Klose, J.: CAD-Grundlagen (2. Studienbrief): Modellbildung/Benutzungsfunktionen und Schnittstellen von CAD-Systemen (66 Seiten);
Dresden: TU Dresden, Fakultät für Maschinenwesen, Arbeitsgruppe Fernstudium, 1995
- /4/ Iwanov, I.; Steger, W.: Einbindung von Berechnungssoftware in CAD-Systemen. Wiss. Zeitschr. d. TU Dresden 40 (1991) H. 2
- /5/ Steger, W.: Berechnung in den frühen Phasen der Produktentwicklung. In: Grabowski, H.; Rude, S.; Zülch, G. (Hrsg.): Innovative Produktentwicklung und Produktionssystemplanung. Veröffentl. d. SFB 346, Bd. 1, Karlsruhe 1995
- /6/ Klose, J.; Gitter, J.; Meerkamm, H.; Storath, E.: Perspektiven der Konstruktionsunterstützung durch das CAD-Referenzmodell. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): CAD. München, Wien: Hanser, 1994, S. 333 - 352
- /7/ Klose, J.; Gitter, J.; Abeln, O.: CAD-Referenzmodell und effiziente Benutzungsfunktionen aus Sicht konstruktiver Nutzer. In: Datenverarbeitung in der Konstruktion 1994. VDI-Berichte, Bd. 1148, S. 585 - 604; Düsseldorf: VDI-Verlag, 1994
- /8/ Klose, J.; Römer, S.; Zetzsche, T.: Entwurfssystem zur Unterstützung früher Konstruktionsphasen durch funktional-technische Objektmodellierung. In: Effiziente Anwendung und Weiterentwicklung von CAD/CAM-Technologien. VDI-Berichte, Bd. 1289, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996
- /9/ Klose, J.; Römer, S.; Steger, W.; Zetzsche, T.: Funktional-technische Objektmodellierung zur Integration von Entwurf, Berechnung und Gestaltung.
In: Features verbessern die Produktentwicklung - Integration und Prozeßketten, VDI-Berichte 1322, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1997

Autor

o. Prof. Dr.-Ing. habil. Johannes Klose
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD
Technische Universität Dresden
Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion
Mommsenstraße 13
01062 Dresden
Tel.: (0351) 463-3775; Fax: (0351) 463-7050
e-mail: klose@mkc.mw.tu-dresden.de
internet: <http://www.mkc.mw.tu-dresden.de>