

Klaus BRÖKEL

Institut für Konstruktionstechnik
Universität Rostock, Germany

Jörg WILLERT

Fichtel & Sachs AG
Schweinfurt, Germany

DIE VERBINDUNG VON CAD UND PRODUKTMODELLIERUNG IN DER KONSTRUKTIONSTECHNIK

Summary. The paper describes the connection between the problems of Computer Aided Design and Product Modelling based on product model data structures. Existing CAD-Systems work by using a closed data structure. Therefore it is not possible to communicate with the system on a direct way. All contacts between a user, who wants to connect own applications to the system, have to be made by special or standardized programming or data interfaces. The paper presents the possibilities of realisation of user-designed and STEP-compatible datastructures for product modelling systems on the base of existing commercial CAD-Systems. New ways and methods for product modelling systems are discussed because of the difficulties by using closed systems.

1. Einleitung

Zur Unterstützung von Projektierungsingenieuren, Konstrukteuren und anderen, an der Entwicklung und Modellierung von Produkten beteiligten Partnern, haben sich CAD-Systeme als Hilfsmittel weitgehend in den Firmen durchgesetzt. Eine integrierte Produktmodellierung (Zusammenhang der Begriffe Produktmodellierung, Produktmodell und Produktdatenmodell siehe Bild 1) stößt bei der Verwendung konventioneller CAD-Systeme sehr schnell an deren konzeptionelle Grenzen. Die modellierbaren Inhalte sind gegenüber den erforderlichen Informationsmodellen für eine Produktmodellierung mit dem Anspruch einer vollständigen Produktbeschreibung als ungenügend einzuschätzen. Semantisch wenig gehaltvolle Produktbeschreibungen und das fehlende kohärente Produktmodell ermöglichen es nicht, alle produktdefinierenden Daten in einer gemeinsamen Datenbasis zu definieren. Hierdurch sind die Haltung und der Austausch von Produktmodelldaten erschwert und können nur über konventionelle Schnittstellen mit den bekannten Nachteilen einer Datentransformation erfolgen. Die Behinderung der Integration und der Erweiterung des modellierbaren Produktdatenspektrums sind die Folge. Eine Spezifizierung der Datenbasis innerhalb des CAD-Systems nach unternehmensspezifischen Erfordernissen mit dem Ergebnis eines gemeinsamen, alle Firmenbereiche integrierenden, Produktmodells kann mit den Hilfsmitteln der heutigen "nicht-offenen" CAD-Systeme, wie Sprach- und Datenschnittstellen nicht erfolgen. Von

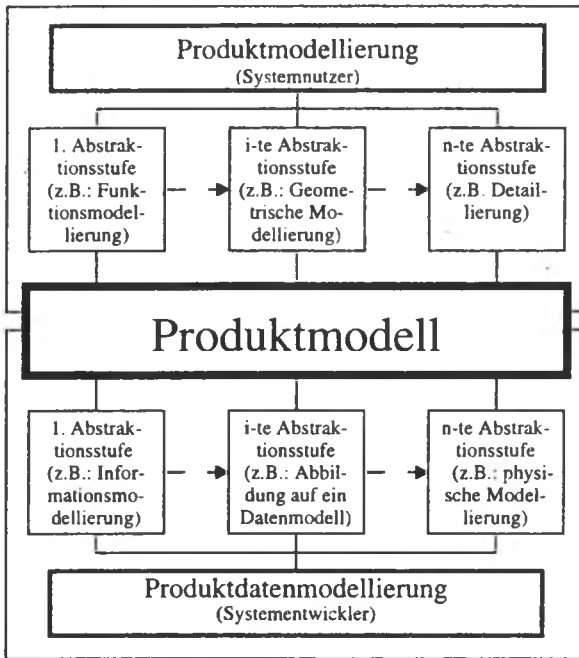


Bild 1. Gesamtprozeß der Modellierung von Produkten

Vergleichbar mit den Referenzmodell-Projekten der Hierarchiestufen "CIM" und "CAD" (siehe hierzu [2] bzw. [3]) laufen auch für das Produktmodell Projekte zur Entwicklung eines Produktmodell-Referenzmodells. Das hier favorisierte Referenzkonzept liefert der ISO-Standard STEP [4]. Dieses Referenzmodell wird für den Datenaustausch zwischen CA-Systemen mit unterschiedlicher Datenstruktur entwickelt. Die Vorteile des STEP-Konzeptes machen eine Verwendung für den Entwurf von Datenstrukturen von produktmodellierenden Systemen mit einer dem Definitionsbereich von STEP vergleichbaren Funktionalität sinnvoll. Konzepte und Beispiele hierzu sind Inhalt des Beitrages.

Vergleichbar mit den Referenzmodell-Projekten der Hierarchiestufen "CIM" und "CAD" (siehe hierzu [2] bzw. [3]) laufen auch für das Produktmodell Projekte zur Entwicklung eines Produktmodell-Referenzmodells. Das hier favorisierte Referenzkonzept liefert der ISO-Standard STEP [4]. Dieses Referenzmodell wird für den Datenaustausch zwischen CA-Systemen mit unterschiedlicher Datenstruktur entwickelt. Die Vorteile des STEP-Konzeptes machen eine Verwendung für den Entwurf von Datenstrukturen von produktmodellierenden Systemen mit einer dem Definitionsbereich von STEP vergleichbaren Funktionalität sinnvoll. Konzepte und Beispiele hierzu sind Inhalt des Beitrages.

2. Erweiterung von CAD-Systemen durch Produktmodellierfunktionalität

2.1. Erweiterung des Funktionsmodelles durch die Nutzung von Sprachinterfaces

Die Erweiterung von CAD-Systemen durch nutzerspezifische Applikationen ist über Schnittstellen möglich. Einige übliche sind im Bild 2 dargestellt. Der Versuch, die Funktionalität eines Sy-

einer Standardisierung der internen Datenstrukturen selbst sind die CAD-Systeme weit entfernt. Zu dieser Problematik durchgeführte Untersuchungen und Experimente [1] haben eindeutig gezeigt, daß eine Erweiterung von CAD-Systemen über Sprachschnittstellen eine sehr eingeschränkte und wenig elegante Möglichkeit ist. Dies gilt auch bei Einbindung höherer Programmiersprachen, wie C oder C++ in die Sprachschnittstelle. Hiermit gelingt zwar die Erweiterung der Produktmodellierfunktionalität, jedoch nur durch die Definition eines parallel zum CAD-System ablaufenden Datengenerierungsprozesses mit interner, erweiterter und frei definierbarer Menge von Entities und ihrer Struktur (Eine zweite Datenbasis für dynamische Daten!). Die Ergebnisse dieses Prozesses müssen nach der Datengenerierung in das Visualisierungs- und Datenverwaltungssystem des CAD-Systems über die Sprachschnittstelle eingebracht werden. Eine standardgerechte Repräsentation von Produktmodellen in CAD-Systemen durch die Entwicklung von Referenzmodellen ist erreichbar und kann die Verwaltung der Modellausprägungen durch die Anbindung objektorientierter Datenbanken vereinheitlichen und vereinfachen. Analog den heutigen graphischen Standards im Bereich der Computer Graphics (z.B. GKS und PHIGS) könnten standardisierte Produktmodellbausteine als verbindliche Basiskomponenten von produktmodellierenden CAD-Systemen zur Anwendung kommen.

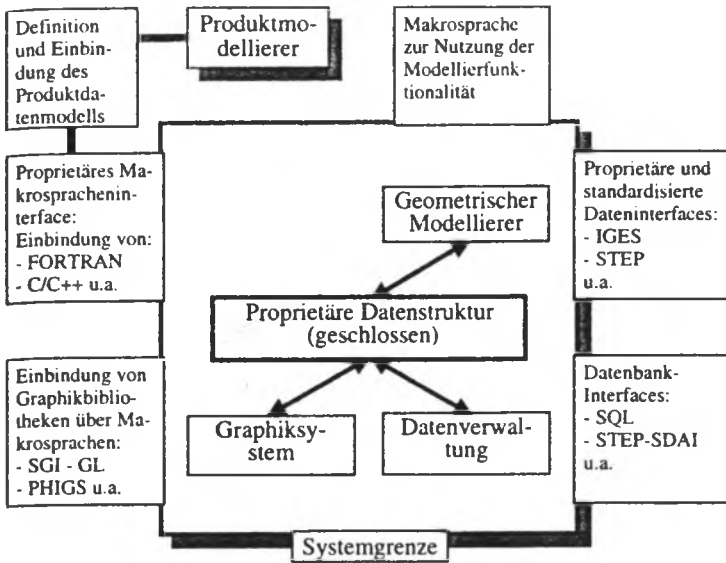


Bild 2. Erweitertes CAD-System mit Produktmodellierfunktionalität auf Schnittstellenebene und zugehörige CAD-Systeminterfaces

strukturen zur Abbildung von Datenstrukturen zur Verfügung. Dies ermöglicht die Anbindung von STEP-kompatiblen Datenstrukturen mit den durch EXPRESS vorgegebenen Eigenschaften wie Vererbung von Eigenschaften und Klassenbildungen. Diese Datenstrukturen sind die Voraussetzung für das programmtechnische Bearbeiten von Produktdatenmodellen mit STEP-Kompatibilität. Prinzipiell bedeutet diese Vorgehensweise immer die Definition eines eigenständigen Softwareproduktes parallel zum eigentlichen CAD-System. Hiermit verbunden ist der Aufbau einer eigenständigen Datenstruktur mit der zugehörigen Datenverwaltung. Sie ist ebenfalls unabhängig und selbständig von der Struktur der dynamischen Daten des CAD-Systems. Hieraus ergibt sich, daß eine derartige Lösung ein Notbehelf ist, der nicht auf elegantem Wege zum Ziel eines integrierten Produktmodellierers führt. Er ist zur Zeit aber der einzige Weg, wenn kommerzielle Software - Produkte verwendet werden. Hinzu kommen die Nachteile von Datentransformationen, die unweigerlich zu Informationsverlusten führen. Beispiele für Lösungen auf der Basis kommerzieller Systeme werden im Kapitel 3 genauer dargestellt.

2.2. Erweiterung des Funktionsmodells durch Definition einer offenen CAD-Datenbasis

Die Nachteile der diskutierten Nutzung von Sprachschnittstellen lassen sich umgehen, wenn die Datenbasis des CAD-Systems dem jeweiligen Produktmodell entsprechend gestaltet ist. Da Produktmodelle firmen- und branchenabhängig sind, läßt sich mit einem derartigen Modell für jede Firma ein spezielles Produktmodell im Sinne eines Partialmodelles definieren. Wobei dieses Modell kompatibel zu einem Standard, z.B. STEP, sein kann und sein sollte. Die Nutzung von Sprachinterfaces ist nicht erforderlich. Erweiterung und Modellanpassung erfolgen auf der Ebene der Datenstruktur und damit des Quelltextes. Für das Gesamtsystem CAD + Produktmodellierung wird eine Datenstruktur definiert und auf eine höhere Programmiersprache abgebildet. Die notwendigen Eigenschaften der Sprache werden bei Berücksichtigung von STEP durch die Erfordernisse von EXPRESS vorgegeben. Interne Schnittstellen zwischen einzelnen Programmmodulen können den Partialmodellen von STEP entsprechend gestaltet werden. Einige kommerzielle Module, besonders geometrische Modellierer, weisen bereits weitgehend STEP-kompatible Schnitt-

stems zu vergrößern, bedeutet die Programmierung von Modulen in einer systemspezifischen Sprache. Diese ist oft historisch bedingt, durch die Sprache, in der das System ursprünglich geschrieben wurde. Bei älteren Systemen ist die Sprachbasis oft FORTRAN-ähnlich. Neuere Systeme weisen C-Ähnlichkeiten auf. In diesen Sprachen sind wichtige CAD-Funktionen als Makros verfügbar. Durch die Einbindung von C oder C++ stehen jedoch zusätzlich mächtige Sprachkon-

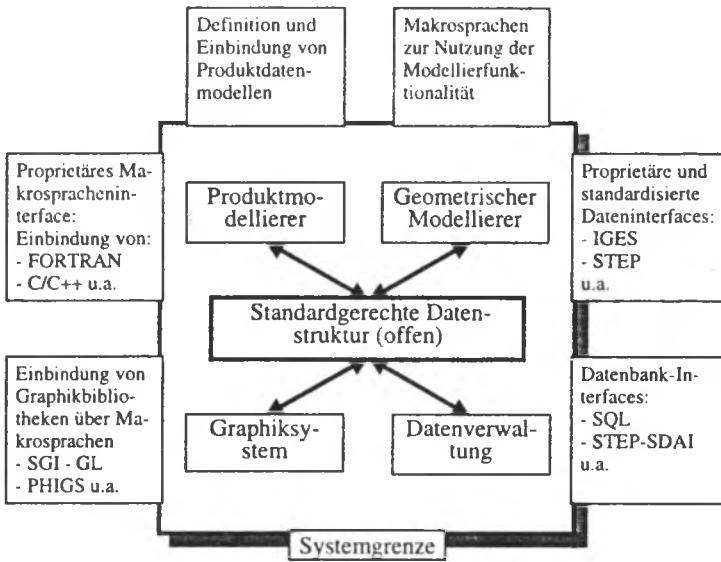


Bild 3. Erweitertes CAD-System mit Produktmodellierfunktionalität auf Datenstrukturebene und zugehörige Systeminterfaces

tur für ein erweitertes Konstruktionssystem als Abbildung einer Untermenge von STEP definiert und implementiert. Durch die Verwendung eines Informationsmodells, welches dem neutralen Datenaustauschformat entspricht, ergeben sich weitere Vorteile. Basiskonzepte, wie eine formale Beschreibungssprache, die graphische Notation, Compiler für syntaktische Richtigkeit, Abbildungskonzepte und Datenbanksprachen werden ohne Einschränkungen für den Datenbasentwurf verwendet, ohne daß eine Neuentwicklung erforderlich ist.

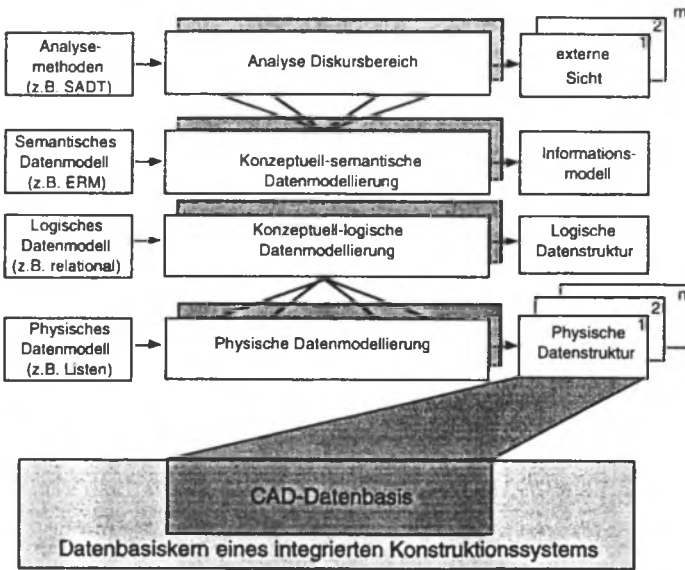


Bild 4. Stufenkonzept zur Produktdatenmodellierung [1]

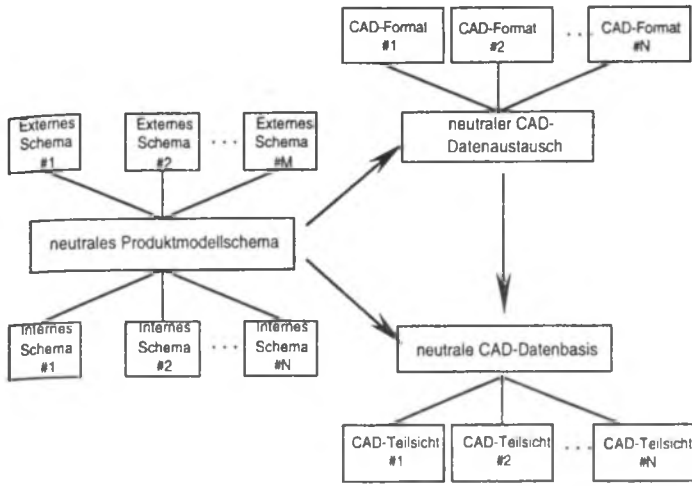
stellen auf, sodaß ihre Verwendung in einem integrierten Produktmodellierer keine prinzipiellen Probleme bereitet. Den Aufbau eines datenstruktur-basierten Modellierers zeigt Bild 3. Für den Entwurf der Datenstruktur bietet sich ein Stufenkonzept an.

Bild 4 verdeutlicht in Anlehnung an das 3-Stufen-Konzept von ANSI/SPARC [5] die Vorgehensweise. Ausgehend von einer externen Anwendersicht wird für einen speziellen Diskursbereich die Datenstruktur

definiert und implementiert. Durch die Verwendung eines Informationsmodells, welches dem neutralen Datenaustauschformat entspricht, ergeben sich weitere Vorteile. Basiskonzepte, wie eine formale Beschreibungssprache, die graphische Notation, Compiler für syntaktische Richtigkeit, Abbildungskonzepte und Datenbanksprachen werden ohne Einschränkungen für den Datenbasentwurf verwendet, ohne daß eine Neuentwicklung erforderlich ist. Durch diese Vorgehensweise wird die Produktmodellierfunktionalität in das CAD-System eingebunden. Die Generierung und logische Verknüpfung der nichtgeometrischen Daten des Produktmodellierers mit den geometrischen Daten des Geometrischen Modellierers ist durch das integrierte Datenmodell automatisch garantiert. Wichtige Eigenschaften wie Konsistenz, Widerspruchsfreiheit und Redundanzfreiheit im Sinne des definierten Datenmodells können bereits bei der Generierung gesichert werden.

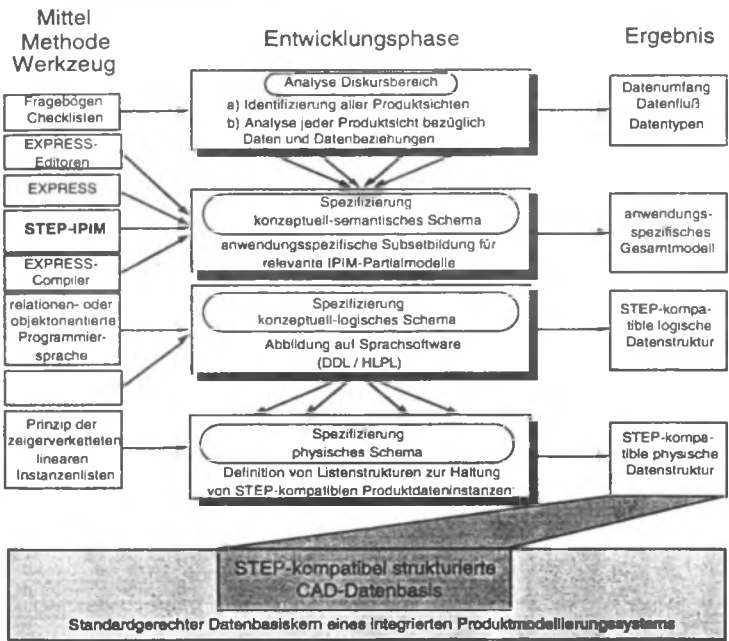
3. Beispiel für die Erweiterung eines CAD-Systems über ein Sprachinterface

Zur Testung der entwickelten Methode wurde das CAD-System ICEM DDN der Firma Control Data GmbH verwendet. Die vorhandene Sprachschnittstelle GPL ist FORTRAN-ähnlich aufgebaut und ermöglicht die Einbindung von FORTRAN- und C-Programmen, sowie den Zugriff auf



zahlreiche CAD-Funktionen. Das System arbeitet generell im 3D-Raum. Als Grundlage für einen integrierten Produktmodellierer wurde ein einfacher geometrischer B-rep-Modellierer (GETOM) [6] parallel zum System ICEM DDN verwendet. Dies war notwendig, um zu der proprietären, geschlossenen Datenstruktur eine offene, STEP-kompatible Datenstruktur zur Verfügung zu haben. Nichtgeometrische Informationen konnten so direkt mit geometrischen Informationen in Beziehung gebracht werden.

Bild 5. Zusammenhang von Datenaustauschformat, Datenbasis und Produktmodellschema



Das Schema des neutralen Produktmodells dient als Grundlage für das neutrale Datenaustauschformat und auch für die Definition der offenen CAD-Datenbasis (Bild 5). Ausgehend vom allgemeinen Konzept für die Produktmodellierung (siehe Bild 4) wurde die Methode für die Ableitung der STEP-kompatiblen CAD-Datenstruktur entwickelt. Die Arbeitsphasen mit ihren Methoden und Ergebnissen werden in Bild 6 dargestellt.

Bild 6. STEP-bezogener Produktdaten-Modellierungsprozeß

Das STEP-IPIM stellt auf der Metho-

denseite die Grundlage für die Definition des Informationsmodells dar. Durch Subsetbildung mit anschließender Abbildung auf eine höhere Programmiersprache (HLPL) oder eine Datenbanksprache (DDL) werden verkettete Listenstrukturen oder Datenbankschemata als Datenbasis des erweiterten CAD-Systems aufgebaut.

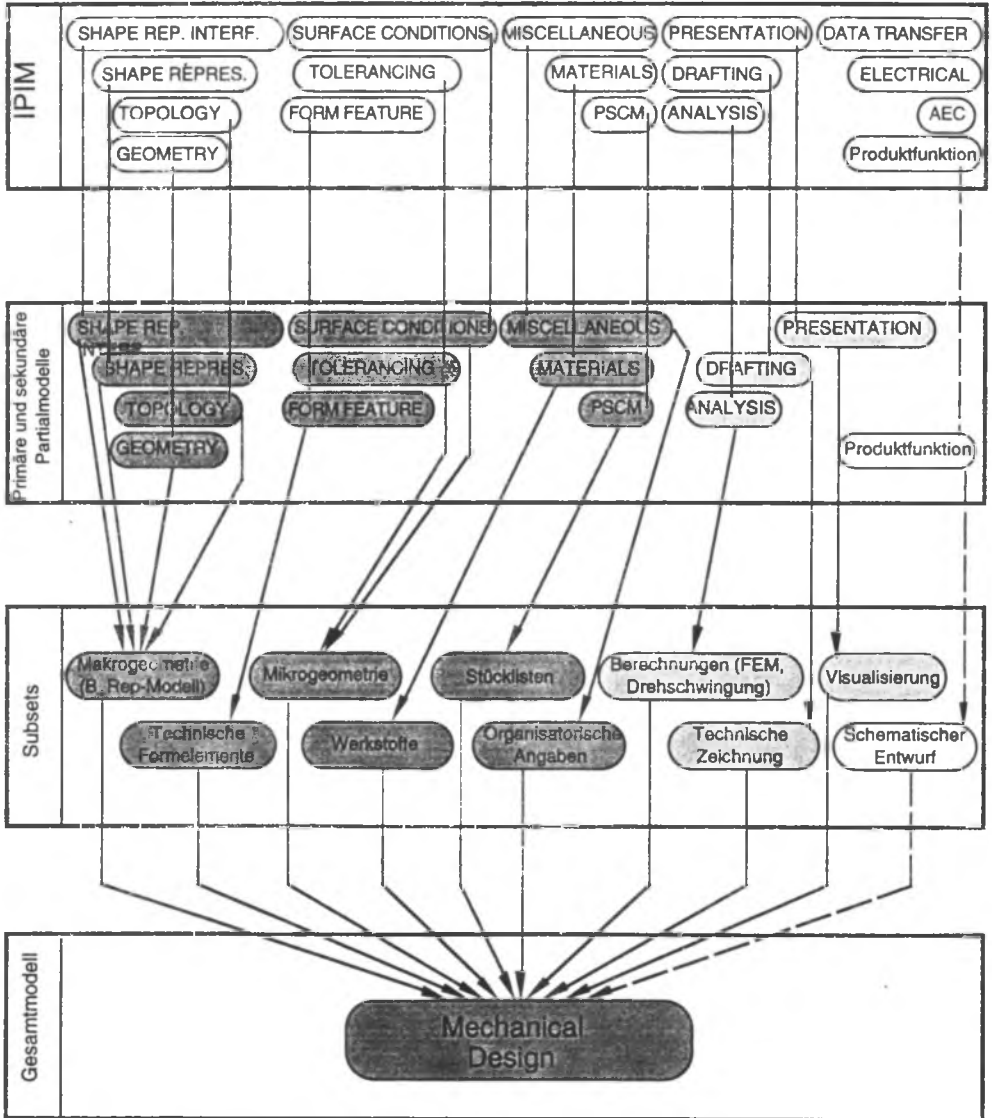


Bild 7. Gesamtmodellbildung für das Anwendermodell "Mechanical Design"

Die anwendungsbezogene Reduzierung des IPIM bedeutet eine Subsetbildung für die verwendeten Partialmodelle. Hierbei gelten die Bedingungen konsistent, redundanz- und widerspruchsfrei. Diese Bedingungen sind auch bei der folgenden Bildung des anwendungsspezifischen Gesamtmodells einzuhalten. Für den Bereich der maschinenbaulichen Konstruktion (Mechanical Design) wird in [1] ein Gesamtmodell vorgestellt.

In diesem Modell werden geometrische und nichtgeometrische STEP-Produktbeschreibungen zusammengestellt. Das Problem wurde beispielhaft durch die Berücksichtigung primärer Partialmodelle mit jeweils einem repräsentativen Subset bearbeitet. Einen groben Überblick über die verwendeten Partialmodelle und Subsets gibt Bild 7. Eine Darstellung des vollständigen Aufbaus ist in diesem Rahmen nicht möglich. Ausgehend von den Partialmodellen des IPIM wird in primäre und sekundäre Partialmodelle unterschieden. Über eine Subsetbildung, die jeweils mehrere primäre Partialmodelle zusammenfaßt, wird das Gesamtmodell mit dem in STEP nicht vorkommenden Namen "Mechanical Design" definiert. Als Ergänzung zum bisherigen Stand von STEP wurde in [1] ein Partialmodell "Produktfunktion" inhaltlich entworfen. Dieses Modell ist für den schematischen Entwurf im Konstruktionsprozeß (Finden der Funktionsstruktur) notwendig. Das Gesamtmodell wurde für einige ausgewählte Beispiele als Module eines produktmodellierenden CAD-Systems implementiert. Hierzu zählen das Programm

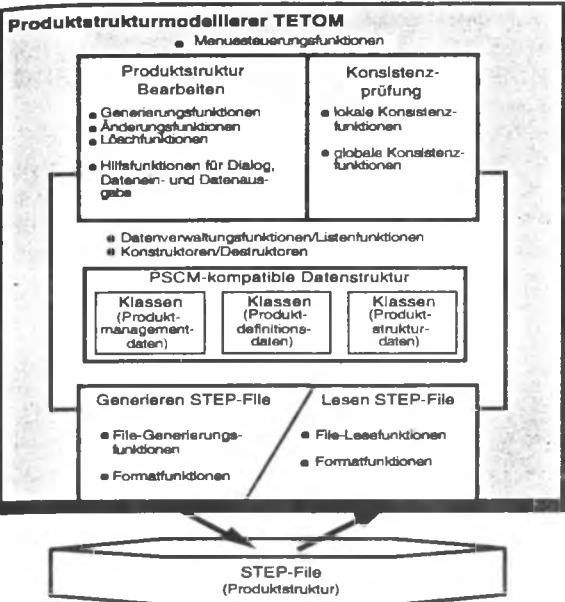


Bild 8. Struktur und Funktionalität von TETOM

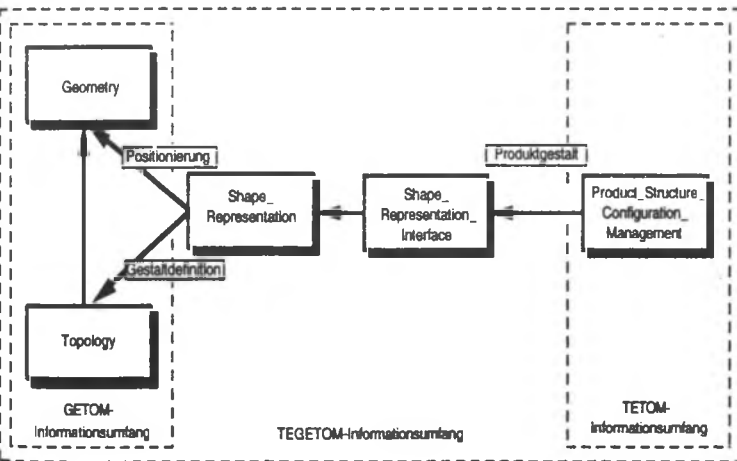


Bild 9. STEP-Subsets von TEGETOM

zählen das Programm GETOM (Geometrisch-Topologischer Modellierer) und das Programm TETOM (Technische-Topologie - Modellierer, Bild 8). GETOM dient der Generierung, Manipulation und Visualisierung von geometrisch-topologischen Objekten. Auf dieses Programm soll nicht näher eingegangen werden. Der TETOM-Komplex "Produkt-

struktur - Bearbeiten" umfaßt Tätigkeiten wie Generieren, Ändern und Löschen von Instanzen einer Produktstruktur. Parallel zur Bearbeitung von Instanzen wird eine ständige Konsistenzprüfung durchgeführt. Die Datenbasis von TETOM wird gefüllt, indem der Nutzer im α/n - Dialog die Attribute der, einen spezifischen Entity-Typ repräsentierenden, C++ - Klassen eingibt. Konstrukturen sind hierbei Klassenmethoden, die die Aufgabe haben, Speicherplatz für neue Instanzen zu reservieren.

Der Produktstruktur-Modellierer TETOM wurde durch Kombination mit dem Produktgestalt-Modellierer GETOM zu einem, unabhängig von einem kommerziellen CAD-System arbeitenden, Produktmodellierer TEGETOM weiterentwickelt. Auch dieser Modellierer wurde in C++ auf einer Silicon Graphics - Workstation implementiert. Die für die Datenstruktur verwendeten STEP-Subsets sind in Bild 9 dargestellt. Die Kopplung von Produktstruktur und Produktgestalt ist aus konstruktionstechnischer Sicht ein komplexer und iterativer Prozeß. Für die Testung der Methode wurden daher auf das Notwendigste orientiert. Besonders der Bereich der Datenverwaltung wurde lediglich angearbeitet. Besonders in diesem Bereich wird zur Zeit am Einsatz einer erweiterten relationalen Datenbank gearbeitet. Auch in den Bereichen der geometrisch-topologischen Modellierung und der Visualisierung wird gegenwärtig am Einsatz von fremdentwickelter Software gearbeitet.

4. Zusammenfassung

Die Analyse des Konstruktionsprozesses bezüglich der produktbeschreibenden Informationen und ihrer Strukturen zeigt deutliche Defizite herkömmlicher CAD-Systeme bezüglich der Funktionalität für eine moderne Produktmodellierung. Es werden zwei Möglichkeiten gezeigt, wie auf der Basis des Standards STEP CAD-Systeme erweitert bzw. neu entwickelt werden können. Die Erweiterung durch Nutzung von Sprachinterfaces ergibt nur bedingt verwendbare Ergebnisse, da eine zweite, zum CAD-System parallele Datenbasis definiert, gefüllt und verwaltet werden muß. Die volle, dem integrierten Produktmodellansatz von STEP entsprechende, Produktmodellierfunktionalität läßt sich durch die Neuentwicklung unter Nutzung kommerzieller Geometriemodellierer und Datenbanken erreichen.

5. Literaturverzeichnis

- [1] Willert, J.: Gestaltung standardgerechter Produktmodelle in der maschinenbaulichen Konstruktion. Diss. Universität Rostock, 1993,
- [2] ESPRIT Consortium AMICE: Open Systems Architecture for CIM. Project 688, Springer-Verlag, 1989.
- [3] Referenzmodell für CAD-Systeme. Gesellschaft für Informatik, 1990,
- [4] Standard for the Exchange of Product Model Data, ISO 10303,
- [5] ANSI/X3/SPARC: Study Group on Data Base Management Systems. Bulletin of ACM-SIGMOD Vol.7, 1975, No. 2.
- [6] Brökel, K.: Technische Modellierung von Stirnradgetrieben auf der Basis von Produktmodelldaten. Diss. B. Universität Rostock 1990.

Revised by: Ryszard Knosala