

# Durchgängige Produktmodellierung mit Features

Prof. Dr.-Ing. Sándor Vajna, Magdeburg, und Dipl.-Inform. Gerd Podehl, Kaiserslautern

## Einleitung

Der vorliegende Artikel setzt die Beitragsreihe zur Vorstellung der Ergebnisse der FEMEX fort, die mit der Präsentation einer allgemeinen Feature-Definition in [BWE-96] begonnen wurde. FEMEX (Feature Modelling Experts) ist eine internationale und interdisziplinäre Gruppe von Forschern, Entwicklern und Anwendern aus Universitäten, Forschungsinstituten und Industrie, die sich zum Ziel gesetzt haben, Grundlagen für eine Feature-basierte Produktentwicklung zu erarbeiten. Der Anwender steht dabei im Mittelpunkt der Bemühungen: die Feature-Technologie hat die Aufgabe, ihm Methoden und Werkzeuge an die Hand zu geben, mit denen er in den unterschiedlichen Phasen einer komplexen Prozeßkette effizient arbeiten kann. Vier Arbeitsgruppen wurden gebildet, die sich mit unterschiedlichen Aspekten der Feature-Technologie beschäftigen. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Arbeitsgruppe II „*Feature Modelling Methods and Application Areas*“ vorgestellt<sup>1</sup>. Ihre Aufgabe ist es, die Modellierungsmethoden und Anwendungsgebiete der Feature-Technologie im Kontext des Produktentwicklungsprozesses zu untersuchen.

Ausgangspunkt für die Arbeiten ist neben den benutzerspezifischen Anforderungen die Feature-Definition der Arbeitsgruppe I [BWE-96]. An dieser Definition ist hervorzuheben, daß Features keine physikalischen Elemente sind und auch keine physikalischen Entsprechungen haben müssen, sondern nur in der Welt der informationstechnischen Modelle existieren. Desweiteren sind die für den Anwender relevanten Eigenschaften der bearbeiteten Objekte, welcher Art sie auch sein mögen (beispielsweise die Funktion des Bauteils), die eigentliche Grundlage der Definition. Keiner Eigenschaft wird von vorneherein eine höhere Priorität gegeben, wodurch die Bauteilgeometrie ihre tragende Rolle bei der Modellierung verliert (bei den meisten der heute angebotenen CAD/CAM-Systemen wird dagegen üblicherweise davon ausgegangen, daß die in einem System verarbeitete Produktgeometrie die Basis für das gesamte Produktmodell darstellt).

Features können so als Werkzeuge dienen, die in der Lage sind, folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Als sinntragende, an besondere Arbeitsabläufe angepaßte Einheiten können sie dem Anwender die Arbeit erleichtern, indem sie Information über ihre Entstehung, Weiterverwendung und die Beziehung zu anderen Elementen in sich tragen, die der Anwender sich dann nicht mehr explizit selbst erarbeiten muß. Vor allem lästiges Wiederholen von Arbeitsabläufen mit geometrischen low-level Primitiven soll so reduziert werden.

---

<sup>1</sup> Neben den Autoren sind/waren Mitglieder dieser Arbeitsgruppe die Damen Dr. T. De Martino, Dr. J. Ovtcharova, A.-S. Vieira und die Herren Dr. S. Bachschuster, T. Bähr, Prof. Dr. W. Dankwort, J. Deuse, A. Haufe, Prof. I. Horváth, D. Knapp, Dr. P. Lecland, A. Lieutier, Dr. R. Lossack, G. Podehl, Dr. J. Rix und K. Schütze. Sprecher der Arbeitsgruppe ist Prof. Dr. S. Vajna.

- Sie sollen als Strukturelemente eines einheitlichen, den gesamten Produktentstehungsprozeß beschreibenden Datenmodells dienen. Dieses ist ein entscheidender Schritt in Richtung Integration der an der Produktentwicklung beteiligten informationstechnischen Systeme.

Im Gegensatz zu bisherigen Definitionen und Implementierungen wird auf der Grundlage der Feature-Definition der FEMEX die Generierung und Verwendung von Features in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses ermöglicht, indem den jeweils unterschiedlichen Sichten auf das Produkt seine gerade relevanten Eigenschaften zugeordnet werden.

### Modellieren mit Features

Im Konstruktionsprozeß eignet sich die Feature-Technologie primär zur Unterstützung von solchen Tätigkeiten, die neue Ergebnisse schaffen (Neukonstruktion, Anpassungskonstruktion), weniger für solche, bei denen Varianten innerhalb vorher festgelegter Grenzen erzeugt werden (Variantenkonstruktion, Parametrik). Allerdings ist die Parametrik Voraussetzung für den Einsatz von Features [MVS0-98]. Folgt man dem Konstruktionsprozeß für ein neues Bauteil (Neukonstruktion), wie er u.a. in der VDI-Richtlinie 2221 [VDI 2221] beschrieben ist (**Bild 1**), so werden den unterschiedlichen Sichten zunächst die Anforderungen, dann die Funktionen, dann die physikalischen Lösungsprinzipien, später die Grobgestalt, dann die Feingestalt, dann die Detaillierung und damit die endgültige Geometrie, Technologie, Wissen usw. zugeordnet. Diese Zuordnung gilt auch für die Relationen zwischen den Funktionen, die in der Feature-Struktur abgebildet sind.

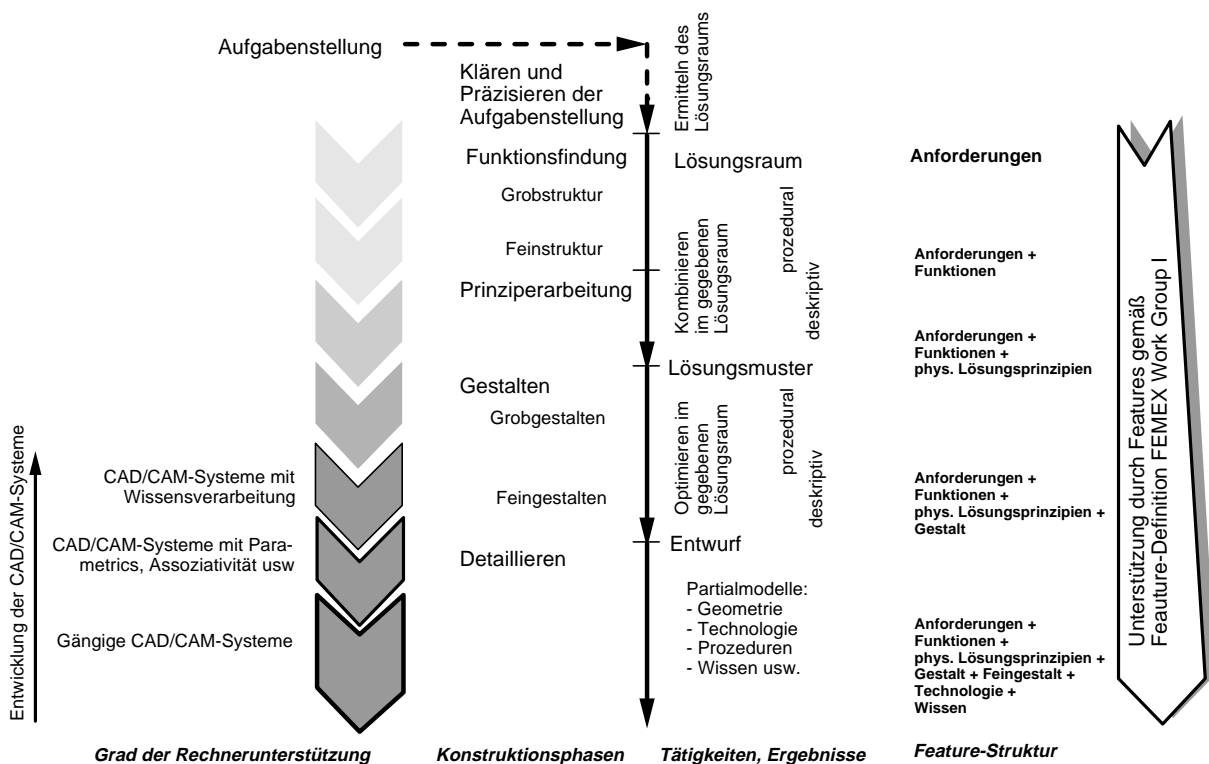


Bild 1: Feature-basierte Produktmodellierung

Als Ergebnis der Modellierung entsteht eine strukturierte Menge von Features, von denen einige detaillierter sind als die anderen, je nach Notwendigkeit und Einflüssen aus den anderen Phasen. Die Vorgehensweise bei einer Neukonstruktion ist:

- Bereits das Modellieren der Anforderungen kann mit Features (beispielsweise in der Form eines Netzwerks) erfolgen. Danach sollte bereits jetzt im Digitalen Archiv eine Suche nach solchen Bauteilen erfolgen, die zumindest teilweise diese Anforderungen erfüllen können (finden sich Wiederholteile, kann der Bearbeitungsaufwand deutlich reduziert werden). Die Prüfung auf (auch teilweise) Übereinstimmung erfolgt durch einen Vergleich der gewünschten Feature-Struktur mit den vorhandenen Strukturen im Digitalen Archiv.
- Nicht jede Anforderung kann von genau einer Funktion realisiert werden, sondern es können dazu mehrere (auch Teil-) Funktionen benötigt werden. Funktionen enthalten auch das jeweilige Wissen und die Randbedingungen aller Prozesse der Produktentstehung (Detailieren, Prozeßplanung, Herstellung, Vertrieb, Nutzung, Kundendienst, Wiederverwertung, Entsorgung). Daher wird ein Satz von Features die benötigte(n) Funktion(en) für eine spezifische Anforderung beschreiben, in der Regel in einem Verhältnis 1:n (siehe auch das Beispiel der Modellierung der Klauenkupplung in [CCR-9/96]). Ergebnis ist eine Feature-Struktur, die hier aus den Anforderungen und den damit verbundenen Funktionen des Produktes besteht. Dieser Schritt muß im Gegensatz zu der Beschreibung der Anforderungen durch Features in jedem Fall durchgeführt werden.
- Wenn in der Feature-Struktur zu jeder Funktion die physikalischen Wirkprinzipien hinzugefügt werden sollen (beispielsweise unter Nutzung von Konstruktionskatalogen nach Roth [Rot-92]), kann es notwendig sein, Eigenschaften von der Funktionsebene auf die Ebene der Wirkprinzipien zu vererben. Auch hier werden Wissen und Randbedingungen, die zum ersten Mal auftreten, in die Feature-Struktur eingebunden. Vorhandenes Wissen und Randbedingungen können nachträglich verändert werden. Ergebnis dieses Schrittes ist eine detailliertere Struktur physikalischer Wirkprinzipien, die mit ihren jeweiligen Funktionen verbunden sind, welche wiederum mit ihren jeweiligen Anforderungen in Zusammenhang stehen.
- Anschließend können die Wirkgeometrien im Konstruktionsraum erzeugt werden. Da eine Wirkgeometrie aber unter Umständen mehr als eine Funktion realisieren kann, kann es notwendig werden, mehr als ein physikalisches Wirkprinzip mit einer Wirkgeometrie zu verbinden. Ergebnis ist die Grobgestalt des späteren Produktes.
- Aufbauend auf der Grobgestalt mit allen Randbedingungen erfolgt nun die Detaillierung zur endgültigen Gestalt des Bauteils. Jedes jetzt eingefügte Feature (z.B. Bohrung, Schraube, Standardteile) "bringt" sein jeweiliges Auslegungs- und Herstellwissen mit. Berechnungen werden durchgeführt, EDM- und Stücklisteninformationen hinzugefügt.

- Die Produktdokumentation kann fast automatisch erzeugt werden, da entsprechende Module gezielt nach passenden Informationen in der Feature-Struktur suchen können, beispielsweise suchen Module der Prozeßplanung nach Verweisen auf Fertigungstechnologien, die in der Feature-Struktur gespeichert sind, um daraus Arbeitspläne zu erstellen.

Generell stehen während der Produktentstehung dem Anwender alle einmal erzeugte oder geänderte Information in der Feature-Struktur zur Verfügung.

Wird eine Anpassungskonstruktion durchgeführt, ergibt sich eine verkürzte Vorgehensweise. Die Arbeitsschritte verlaufen analog wie bei der Neukonstruktion, müssen hier aber nur auf die anzupassenden Bereiche der Ausgangslösung(en) angewendet werden.

- Erfassen der neuen Anforderungen in einer Feature-Struktur, Durchführen der Wiederholteilsuche, um zusätzlich zur vorgesehenen Ausgangslösung weitere mögliche Alternativen für die Anpassung zu finden (dabei kann es durchaus möglich sein, daß Teile der angepaßten Lösung auch durch Kombination aus mehr als einem Ausgangsteil entstehen)
- Vergleich der Eigenschaften der gesuchten Lösung mit den Eigenschaften des/der Ausgangslösung. Welche davon müssen zur Erfüllung der neuen Anforderungen geändert werden?
- Durchführen der Änderungsarbeiten in der Funktionen, den physikalischen Wirkprinzipien, den Wirkgeometrien sowie in Grob- und Feingestaltung (analog zu den Schritten in einer Neukonstruktion)
- Zusätzliche Detaillierung wo neue Anforderungen hinzugekommen sind
- Überprüfen der Feature-Struktur auf Konsistenz (und damit Konsistenzprüfung der angepaßten Bereiche an die vorhandenen Zonen des Bauteils)
- Erstellen der angepaßten Dokumentation

Weitere Möglichkeiten der Feature-Technik im Sinne einer begleitenden Unterstützung der Produktentwicklung sind:

- Features zur Überprüfung der Entwurfsqualität (Design Spell Checker, analysierend) dienen zum Abgleich zwischen Anforderungen und Funktionen, zwischen Gestalt und ihrer Fertig- und Montierbarkeit (fertigungs- bzw. montagegerechte Konstruktion), zwischen ausgewählten Fertigungsverfahren und den dadurch verursachten Kosten (kostengünstiges Konstruieren). Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Prüfung auf Konsistenz des Features mit seiner (konstruktiven und natürlichen) Umgebung.
- Features zum (wissensbasierten) Bereitstellen von Auslegungs- und Herstellwissen von Bauteilen (Design Advisor, synthetisierend), beispielsweise für Verbindungselemente und Wälzlager.
- Features als Unterstützung bei der Wiederholteilsuche. Dazu werden die gewünschten Eigenschaften als Feature-Struktur modelliert und existierende Bauteile auf identische oder ähnliche Strukturen geprüft (Feature Recognition).

Bei den hier beschriebenen Vorgehensweisen werden Geometrie, Technologie, Zeichnungen und andere Informationen zu lediglich unterschiedlichen Ausprägungen der selben Feature-Struktur, die primär die Funktionsstruktur des Bauteils abbildet. Damit kommt man der Denk- und Arbeitsweise des Konstrukteurs sehr viel näher als mit überwiegend geometriegetriebenen CAD/CAM-Systemen., da der Konstrukteur überwiegend in Funktionen denkt, die er mit geeigneter Geometrie und Technologie realisieren muß. Legt man diese Denkweise zugrunde, so ist erstmals mit der Feature-basierten Produktmodellierung eine vollständige Unterstützung des Konstruktionsprozesses möglich geworden.

Die Feature-Struktur bildet den Kern des Produktmodells, in dem alle prozeßrelevanten Einflußfaktoren abgelegt werden (**Bild 2**). Vollständig erreicht ist dieses Ziel allerdings erst, wenn es gelingt, den Prozeß selbst so in das Modell zu integrieren, daß seine zeitliche und räumliche Flexibilität gewährleistet ist. Dazu müssen die Strukturen von Grund auf dynamisch angelegt sein, um dem sich ständig ändernden Fluß von Daten und Methoden, Bauteilen und Systemen, Menschen und Maschinen, Kunden und Zulieferern gerecht zu werden. Der Ansatz der FEMEX mit dem Konzept der veränderbaren Sichten und Features als Informationsträgern ist dazu in der Lage, wodurch das Feature selbst zum Grundelement der dynamischen Prozeßbeschreibung wird.

Die Features stellen durch die einheitliche Repräsentation verschiedener Produktinformationen eine geeignete Plattform zur Realisierung eines integrierten Systemkonzeptes dar. Der Einsatz von Features als Informationsträger für den Produktentstehungsprozeß ermöglicht es, Einflußfaktoren aus Bereichen innerhalb und außerhalb eines Unternehmens zu berücksichtigen sowie alle prozeßrelevanten Bereiche hinsichtlich Datendurchgängigkeit zu verknüpfen.

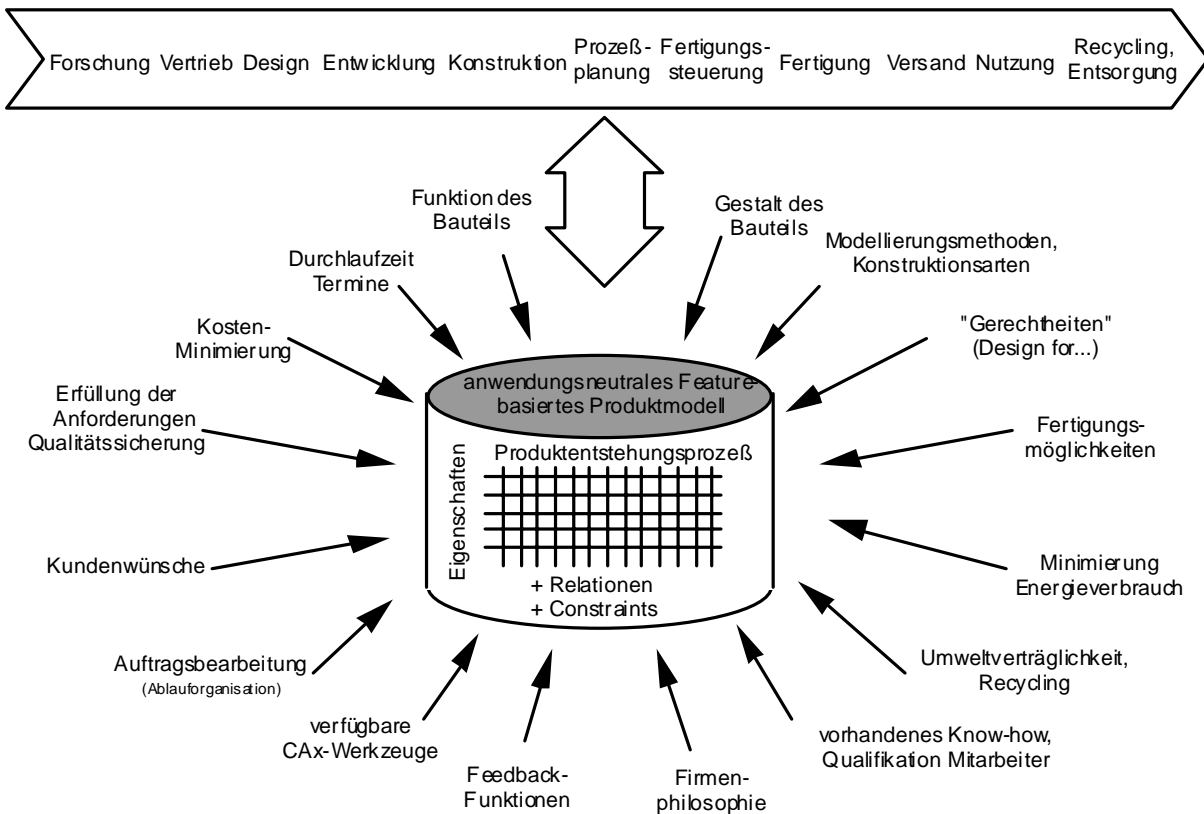


Bild 2: Feature-basierte Produktentwicklung

## Anforderungen an ein Feature-basiertes System

Welche Anforderungen sind nun an ein Feature-basiertes System zu stellen, damit der Anwender diese Vorteile auch wirklich voll nutzen kann?

- Feature-basierte Systeme müssen mit Feature-Bibliotheken ausgestattet sein, die durch benutzerdefinierte Features erweitert werden können. Diese Bibliotheken können vom Systemhersteller selbst und von Drittfirmen angeboten werden.
- Die Methoden zur Bildung von Features und ihre Einbindung in das Produktmodell müssen in erster Linie benutzerorientiert sein. Sie sind vom System in Form von Editoren bereitzustellen. Features müssen, wie jedes Informationselement erzeugt, geändert, gespeichert und gelöscht werden können.
- Die Handhabung von Features darf nicht komplizierter sein als die Handhabung der Basiselemente heutiger CAD/CAM-Systeme, um den Schulungsaufwand gering zu halten. Im Gegenteil: die Handhabung sollte einfacher, d.h. intuitiver werden und einer sinnvollen Konstruktionsmethodik folgen.
- Beim Erzeugen, Einfügen und Verändern eines Features muß das Feature in der Lage sein, eine Prüfung auf Konsistenz mit seinem Umfeld durchzuführen (z.B. verbotene Lage von Bohrungen oder sich gegenseitig ausschließende Funktionalitäten).

- Es muß möglich sein, Features mit „Problemlösungswissen“ zu hinterlegen, so daß bei gegebenen Problemstellungen Feature-basierte Lösungen vom System vorgeschlagen werden (z.B. Analyse und Auswahl der Lösungselemente eines Verbindungsproblems).
- Es muß möglich sein, aus einem Feature die jeweils gewünschten, aktuellen Informationen zu extrahieren und in beliebigen Formaten für beliebige Zwecke bereitzustellen.
- Es müssen Algorithmen zum automatischen Wiedererkennen von Elementen (z.B. fertigungsrelevante Daten) aus Features oder zum Erkennen von Features einer Sichtweise implementiert werden (Feature-Recognition bzw. Feature-Erkennung).
- Bei Existenz verschiedener, jeweils anwendungsabhängig definierter Features sollen Feature-Elemente einer Art möglichst direkt in Feature-Elemente einer anderen Art überführt werden (Feature Mapping bzw. Feature-Transformation).
- Die Prozesse im Produktlebenszyklus müssen Informationen darüber erhalten, welche Features vereinbart wurden.

Diese Anforderungen laufen darauf hinaus, neben dem Aufbau der Feature-Struktur auch eine durchdachte, möglichst graphische Benutzerschnittstelle zu entwerfen, da selbst das beste interne Konzept nur so gut ist wie seine Präsentation nach außen. Die rechnerinterne Realisierung einer solchen Vorgehensweise könnte auf der Basis der Objektorientierung erfolgen, da die Methoden der objektorientierten Programmierung das Feature-Modellierungskonzept vor allem durch die Möglichkeit der komplexen Typbildung sowie der Zusammenfassung von Merkmalen und Methoden zu einer Einheit unterstützen. Die matrixartige Darstellung der Eigenschaften und Prozeßphasen, auf denen die Sichten und somit die Features gebildet werden, läßt allerdings auch die Verwendung von Datenbankmethoden (speziell des Entity-Relationship-Konzepts) als sinnvoll erscheinen.

## **Zusammenfassung**

Durch eine Feature-basierte Produktmodellierung können folgende Vorteile vereint werden:

- Umfassende Produkt- und Prozeßdarstellung in einem integrierten Datenmodell (Datendurchgängigkeit, keine redundanten Informationen)
- Verbesserung der Kommunikation
  - innerhalb des Produktentstehungsprozesses (Produktdaten können jederzeit in verschiedenen Phasen des Prozesses genutzt werden)
  - zwischen Benutzer und CAx-System (Kommunikation auf hohem Niveau, ähnlich der Kommunikation zwischen Menschen)
  - zwischen verschiedenen CAx-Systemen
- Verkürzung der Produktentwicklungszeit

## Literatur

- [BOV-96] Brunetti, G., Ovtcharova, J., Vieira, A.: A Proposal for a Feature Description Language, Proceedings of the International Symposium on Automotive Technology and Automotion (ISATA), Florence 1996
- [BWE-96] Bähr, T., Weber, C.: Neues aus dem Bereich der Feature-Technologie, CAD-CAM Report 15 (1996) 9
- [DJP-97] Dankwort, C. W., Janocha, A., Podehl, G.: Innovative Produktentwicklung - mit oder trotz Features, VDI Berichte 1322, 1997
- [ETA-94] Engeli, M., Taiber, J.: "Feature-Based Modelling" - Resultat eines tiefgreifenden Wandels, VDI-Z 136 (1994) 5
- [KKR-92] Krause, F.-L., Kramer, S., Rieger, E.: Featurebasierte Produktentwicklung, Zwf 87 (1992) 5
- [MOP-89] Mäntylä, M., Opas, J., Puhakka, J.: Generative Process Planning of Prismatic Parts by Feature Relaxation, Advances in Design Automation 19 (1989), S. 49 - 60
- [MVS0-98] Muth, M., Vajna, S., Sander, R., Obinger, F.: Einsatz der Parametrik in der Produktentwicklung, erscheint in VDI-Z 141(1998)
- [ROT-92] Roth, K.-H.: Konstruieren mit Konstruktionskatalogen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1992
- [SHA-89] Shah, J. J.: Philosophical Development of Form Feature Concept, Proceedings of the National Science Foundation (NSF) Design Engineering Workshop, Washington 1989
- [SHA-91] Shah, J. J.: Conceptual Development of Form Features and Feature Modelers, Research in Engineering Design 2 (1990/91) 2
- [SST-93] Schulte, M., Stark, R.: Definition und Anwendung höherwertiger Konstruktionselemente (Design Features) am Beispiel von Wellenkonstruktionen, Universität des Saarlandes, Schriftenreihe Produktionstechnik, Saarbrücken 1993
- [STA-94] Staples, D.: Assoziativität und featurebasierende Modellierung, CAD-CAM Report 13 (1994) 10
- [VWE-96] Vajna, S., Wegner, B.: Features - Informationsträger für den Produktentstehungsprozeß, VDI Berichte Nr. 1289, 1996
- [WBA-95] Weber, C., Bähr, T.: Ergebnisse der Fragebogen-Umfrage: Grundlagen und Ziele der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Feature-Technologie, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1995
- [WEB-96] Weber, C.: What is a Feature and What is its Use? - Results of FEMEX Working Group I, Proceedings of the International Symposium on Automotive Technology and Automotion (ISATA), Florence 1996