

# TUM

INSTITUT FÜR INFORMATIK

Tagungsband zum Workshop "Produktmodellierung"

Manfred Broy und Marc Sihling (Herausgeber)



TUM-I0214

Dezember 02

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

TUM-INFO-10-I0214-100/1.-FI

Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck auch auszugsweise verboten

©2002

Druck:            Institut für Informatik der  
                  Technischen Universität München

## Vorwort

Moderne Informatiksysteme sind inzwischen in nahezu allen größeren Unternehmen und in nahezu allen Anwendungsgebieten intensiv im Einsatz. Historisch bedingt handelt es sich bei den in Entwicklungs-, Verwaltungs- und Produktionsprozessen genutzten Systemen um weitgehend unabhängig entstandene, isolierte Lösungen. Diese Werkzeuge werden meist im Rahmen gewachsener Abläufe bedient. Die Kopplung dieser Workflows im Rahmen interdisziplinärer, unternehmensweiter Prozesse scheitert oftmals an organisatorischen aber auch an technischen Hürden.

Beispielsweise hat naturgemäß jedes der eingesetzten Werkzeuge ganz eigenständige Datenmodelle und Methoden, wie diese Daten gespeichert werden. Dies macht es außerordentlich schwierig, die Werkzeuge miteinander zu integrieren. Hierbei geht es nicht nur darum, Daten aus dem einen Werkzeug in ein anderes Werkzeug zu exportieren bzw. dort zu importieren. Vielmehr ist es gerade im Zusammenhang mit dem Aufbau einheitlicher, umfassender Produkt- und Prozessmodelle im Entwicklungs- und Produktionsprozess interessant, die unterschiedlichen Konzepte, die in den jeweiligen Werkzeugen behandelt werden, abzugleichen und zueinander in Beziehung zu setzen. Auf diesem Weg der Zusammenführung diverser fraktaler Aspekte zu einem übergreifenden, ganzheitlichen Vorgehen findet sich eine Vielzahl an Herausforderungen an die moderne Informatik und beteiligte Fachdisziplinen.

So handelt es sich bei der Integration von Produkt- und Prozessmodellen zum einen um Fragen der Veränderung und Transformation der Repräsentation von Daten, zum anderen aber auch um die Zusammenführung von teils unterschiedlichen Sichten in zentrale, konsistente Modelle. Auf Grund der unterschiedlichen Aufgaben einzelner Softwarewerkzeuge können die entsprechenden Datenrepräsentationen für die Werkzeuge sehr unterschiedlich ausfallen. Für die Integration bieten sich hauptsächlich zwei Vorgehensweisen an:

- Die Werkzeuge werden auf Basis eines gemeinsamen, zentralen Produktmodells integriert, so dass jedes Werkzeug gewissermaßen auf einem geeigneten Ausschnitt dieses Modells arbeitet.
- Zwischen den Repräsentationen werden Abbildungen definiert, die den Austausch von Informationen zwischen den Werkzeugen ermöglichen.

Jedoch ist keiner dieser Ansätze optimal: die Überführung von Daten zwischen Werkzeugen via Import und Export führt letztlich zu einer hohen Redundanz und damit zu einer sehr aufwändigen Konsistenzüberprüfung und –erhaltung. Denn die zwischen den Werkzeugen aktuell ausgetauschten Daten stehen in teilweise komplexen Beziehungen zu Daten anderer Werkzeuge aus anderen Teilprozessen. In der expliziten Modellierung und Verfolgung dieser Abhängigkeiten liegt der wichtigste Vorteil der Variante mit dem zentralen Produktmodell. Jedoch scheitert dieser Ansatz oftmals an methodischen und konzeptionellen Defiziten bei der Zusammenführung von Teilmodellen und resultiert zudem in sehr komplexen Modellen, die sich in der praktischen Umsetzung als eher unhandlich erweisen.

Die genannten Fragestellungen sind in einer großen Klasse von Anwendungsgebieten als äußerst relevant einzustufen. So weisen Themen wie die Applikationsintegration in betriebswirtschaftlichen Anwendungen ganz ähnliche Fragestellungen auf. Gleiches gilt für die Werkzeuglandschaft, die im Rahmen der Softwareentwicklung genutzt wird. Aus diesem Grunde ist es äußerst fruchtbar, unterschiedliche Ansätze aus verschiedenen Gebieten zueinander in Beziehung zu setzen, um auf dieser Basis Synergien zu entwickeln und von den Lösungsvorstellungen in den unterschiedlichen Bereichen zu profitieren. Für dieses Ziel leistet der vom Projekt Artwork organisierte Workshop einen wichtigen Beitrag.

Ich danke den Veranstaltern und den Teilnehmern, die dazu beigetragen haben, dass dieser Workshop ein Erfolg wurde.

München, im Dezember 2002

Manfred Broy



Der Lehrstuhl für Software & Systems Engineering des  
Instituts für Informatik, TU München lädt ein zum

## Workshop Produktmodellierung

17. Oktober 2002, 10:00 Uhr  
Raum „Konrad Zuse“ (01.11.018, Gebäude FMI)  
Boltzmannstr. 3, 85748 Garching bei München

### Programmübersicht

- Seite 11 **Dipl.-Math. Andreas Günzler, TU München**  
Kernkonzepte des Produktmodells einer Engineering Workbench
- Seite 18 **Dipl.-Ing. Jörg Lewek, Dipl.-Ing. Marco Litto, Mind 8 GmbH**  
Baukastenbasierte Erstellung von Produktmodellen als Basis für die  
Generierung kundenspezifischer Entwurfsunterlagen (Model Driven Engineering)
- Seite 25 **Dr.-Ing. Dipl.-Math. Michael Schabacker, Uni Magdeburg**  
Prozesselemente als Erfahrungsspeicher in der Produktmodellierung
- Seite 34 **Manfred Klug, Parametric Technology GmbH**  
Trends in der Produktentwicklung - Herausforderungen an IT-Lösungsanbieter
- Seite 45 **Prof. Dr.-Ing. Christian Weber, Dipl.-Ing. Till Deubel, Uni des Saarlandes**  
Ein neuer Ansatz zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen
- Seite 71 **Dr.-Ing. Rainer Ostermayer, Daimler Chrysler Forschung**  
Informationsmodellierung am Beispiel von DesMIT
- Seite 82 **Dr. Bernhard Westfechtel, RWTH Aachen**  
Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Entwicklungswerkzeugen
- Seite 96 **Dipl.-Ing. Uwe Stach, EDS PLM Solutions**  
Übergeordnete Produkt-Strukturierung in Verbindung mit wissensbasierten Werkzeugen
- Seite 110 **Dipl.-Ing. Ullrich Pfeifer-Silberbach, TU Darmstadt**  
Unterstützung der Kooperativen Produktentwicklung durch ISO 10303 (STEP)
- Seite 117 **Dipl.-Ing. Daniel Fuchs, TU München**  
Produktmodellierung: vom Gedankenmodell zum digitalen Produktmodell?





Die Entwicklung komplexer technischer Produkte findet unter hartem globalem Wettbewerb statt. Unternehmen sind deshalb zu einer ständigen Verbesserung ihrer Entwicklungsprozesse gezwungen. Dabei kommt dem Einsatz adäquater Informations- und Kommunikations-Technologien eine Schlüsselrolle zu. Isolierte Entwicklungswerkzeuge, unzureichend verzahnte Datenmodelle, sowie stark heterogene IT-Landschaften stellen sich jedoch zunehmend als Hemmnis heraus. Im Rahmen des Forschungsprojekts ARTWORK werden daher Konzepte für eine so genannte „Engineering Workbench“ entwickelt, welche als software-technische Integrationsbasis für verschiedenste Werkzeuge dienen soll. Ein wesentlicher Bestandteil einer solchen Workbench ist ein übergreifendes Produktmodell. Dieses kann abstrakt als die Gesamtheit aller im Lebenszyklus eines Produkts anfallender Daten gesehen werden.

Der Vortrag stellt zunächst die grundlegende Architektur einer Engineering Workbench vor und behandelt dann Kernkonzepte des entwickelten Produktmodells. Insbesondere wird aufgezeigt, wie unterschiedliche Sichten auf ein Produkt unterstützt und eine zugehörige Konsistenzsicherung realisiert werden können. Schließlich wird auf eine prototypische Umsetzung der vorgestellten Konzepte eingegangen.

[<http://artwork.in.tum.de/>]



Die Erstellung von Fertigungseinrichtungen basierend auf Baukastensystemen ermöglicht es, Engineeringkosten zu reduzieren, Durchlaufzeiten zu minimieren und die Qualität kundenspezifischer Produkte deutlich zu erhöhen. Die heute von Maschinen- und Anlagenbauern eingesetzten Engineeringssysteme (SPS-Programmiersystem, E-CAD-System, etc.) sind für die Erstellung von Einzelprojekten ausgelegt. Sollen baukastenbasierte Engineeringprozesse mit vorhandenen Systemen aufgebaut werden, ist ein übergeordnetes System erforderlich, das die projektübergreifende Wiederverwendung systematisch unterstützt. Dazu sind Engineeringtätigkeiten mit heutigen Systemen auf die Erstellung durchgängiger, baukastenbasierter Produktmodelle vorzuverlagern. Konkrete Entwurfsunterlagen (SPS-Projekte, Schaltplanunterlagen, etc.) sind durch einen automatisierten Zugriff auf vorhandene Systeme zu generieren (Model Driven Engineering).

Im Verbundprojekt Föderal wurde eine Produktmodellierungsmethodik für Baukastensysteme und eine entsprechende Informations-Architektur erarbeitet, mit der das Model Driven Engineering speziell für den Maschinen- und Anlagenbau unterstützt wird.

Im Rahmen des Vortrages wird das Lösungskonzept vermittelt. Die informationstechnische Umsetzung mit Hilfe der Föderalen Informations-Architektur wird dargestellt und es werden erste Praxiserfahrungen aufgezeigt.

[<http://www.foederal.org/>]



Die Produktentwicklung kann als signifikante Informations- und Innovationsquelle eines Unternehmens betrachtet werden. Allerdings sind Prozesse in der Produktentwicklung üblicherweise sehr komplex und dynamisch, nicht nur, weil Innovationen und Kreativität nicht einem strikt vorgegebenen Weg folgen, sondern auch weil an den Prozessen viele Mitarbeiter mit wachsenden Aufgabenspektren und unterschiedlicher Qualifikation beteiligt sind. In jedem Unternehmen machen letztendlich diese Personen mit ihren verschiedenen Qualifikationen das Erfahrungs- und Entwicklungswissen einer Firma aus. Daher werden zur Modellierung der Prozesse in der Produktentwicklung die Prozesselemente verwendet. Ein Pro-

zesselement enthält u.a. Informationen zu Anforderungen an die Qualifikation eines Bearbeiters (z.B. CAD-Konstrukteur) und dessen Kenntnisstand (Anfänger, Fortgeschrittener, Experte), damit die Ausführbarkeit des Prozesselementes gewährleistet ist. Dieser Wissensbestandteil wird Qualifikationsprofil genannt.

Solch ein Qualifikationsprofil kann nun sowohl einem Prozesselement als auch einer Person zugeordnet werden. Das Qualifikationsprofil eines Prozesselementes beschreibt die Qualifikationen, die mindestens notwendig sind, um die Arbeitsschritte eines Prozesselementes zu bearbeiten. Das Qualifikationsprofil einer Person hingegen spiegelt die individuellen Fähigkeiten eines Mitarbeiters wider.

[<http://imk.uni-magdeburg.de/lmi.html>]

[<http://www.epi-k.ag/>]

**M. Klug**

### **Trends in der Produktentwicklung - Herausforderungen an IT-Lösungsanbieter**



Das Thema beschreibt zunächst einmal die von uns festgestellten Herausforderungen (eventuell auch Ursachen hierfür) unserer Kunden in der Produktentwicklung, wie z.B. integrierte, abteilungs-, Unternehmensübergreifende Produktentwicklung im heterogenen Umfeld (organisatorisch, toolbezogen, prozessbezogen, etc.). Im zweiten Teil wollten wir dann diese Herausforderungen aus der Sicht eines Lösungsanbieters kommentieren und präsentieren.

[<http://www.ptc.com/>]

**Prof. C. Weber,  
T. Deubel**

### **Ein neuer Ansatz zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen**



Grundlage: Merkmale und Eigenschaften von Produkten; Produktmodelle für die Analyse und Synthese von Produkten  
Produktentwicklung: Property-Driven Development/Design (PDD); Steuerung des Produktentwicklungsprozesses; Rechnerwerkzeuge in der Produktentwicklung; Zusammenfassung und Ausblick

[<http://www.cad.uni-saarland.de/>]

**Dr. R. Ostermayer**

### **Informationsmodellierung am Beispiel von DesMIT**



Im Rahmen des Projektes DesMIT (Design/Manufacturing Integration Technology) wird eine prototypische Software zur konstruktionsbegleitenden Kostenkalkulation entwickelt. Kern des Softwarekonzeptes ist die Integration von Produkt-, Prozess- und Ressourceninformationen. Bei der Umsetzung des Konzeptes werden drei Aspekte besonders betrachtet: Welches Wissen wird für eine konstruktionsbegleitende Kostenkalkulation benötigt, wie kann dieses Wissen (Inhalt und Form) wieder verwendbar modelliert und persistent abgebildet werden und in wiefern lässt sich dieses Wissen operationalisieren. Im Rahmen der prototypischen Implementierung wurde hierzu ein Bibliothekskonzept in Form eines DesMIT-Administrators entwickelt und umgesetzt, um das für die konstruktionsbegleitende Kostenkalkulation erforderliche Wissen bzgl. Produkt, Prozess und Ressource in einer "neutralen", durch den Anwendungsexperten pflegbaren Wissensbasis zu repräsentieren. Die Operationalisierung des Wissens erfolgt mit Hilfe des DesMIT-Tools. Im Rahmen der Präsentation werden die Umsetzung des Wissensmanagementkonzeptes und der Operationalisierung mit Schwerpunkt Informationsmodellierung vorgestellt.

[<http://www.daimlerchrysler.com/>]

Dr. B. Westfechtel

### Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Entwicklungswerkzeugen



Dieser Beitrag berichtet über neuartige Werkzeuge zur Unterstützung verfahrenstechnischer Entwicklungsprozesse, die im Rahmen des SFB 476 IMPROVE entstanden sind. Diese Werkzeuge zeichnen sich nicht nur durch innovative Funktionalität aus, z.B. in den Bereichen Prozessunterstützung, Datenintegration und Kooperationsunterstützung. Weil sie darüber hinaus eng miteinander verschränkt sind, tragen sie zu einem integrierten Werkzeugverbund bei. Dabei entstehen Synergieeffekte, die für die effektive Unterstützung von Entwicklungsprozessen von entscheidender Bedeutung sind.

[\[http://www-i3.informatik.rwth-aachen.de/\]](http://www-i3.informatik.rwth-aachen.de/)

U. Stach

### Übergeordnete Produkt-Strukturierung in Verbindung mit wissensbasierten Werkzeugen



Die Anforderungen an die Produktdatenmodelle heutiger CAx-Systeme werden ständig komplexer. Trotz umfangreicher Informationen und mehrschichtiger Abhängigkeiten soll hierbei die Evaluierung möglicher Varianten und Konfigurationen einfach durchzuführen sein. Immer öfter besteht der zusätzliche Anspruch, firmenspezifisches Produkt- und Prozess-Wissen zu integrieren und dieses wiederum während des Konstruktionsprozesses nutzen zu können. Der Vortrag wird bestehende Lösungsmöglichkeiten von EDS PLM Solutions innerhalb dieses Umfeldes aufzeigen.

[\[http://www.plm-solutions.de/\]](http://www.plm-solutions.de/)

U. Pfeifer-Silberbach

### Unterstützung der Kooperativen Produktentwicklung durch ISO 10303 (STEP)



Im Rahmen der Entwicklung der internationalen Norm ISO 10303 'Industrial automation systems and integration - product data representation and exchange' wurden eine Reihe von Produktmodellen entwickelt, die Einzug in eine Vielzahl von Systemen, wie z.B. PDM gehalten haben. Ebenso finden sich zahlreiche Anwendungen im Bereich der Kooperativen Produktentwicklung. Beginnend mit dem Datenaustausch von CAD und PDM Daten mittels STEP bis hin zum Zugriff auf PDM-Systeme von Kooperationspartnern. Durch die normierten Produktmodelle wird eine effektive, internationale Zusammenarbeit von Unternehmen erst möglich.

Im Rahmen des Beitrages werden die wichtigsten vorhandenen Produktmodelle der ISO 10303 mit Beispielen existierender Anwendungen vorgestellt und ein Ausblick auf weitere Anwendungen mit Schwerpunkt auf Unterstützung der kooperativen Produktentwicklung gegeben.

[\[http://www.dik.maschinenbau.tu-darmstadt.de/\]](http://www.dik.maschinenbau.tu-darmstadt.de/)

D. Fuchs

### Produktmodellierung - Vom Gedankenmodell zum digitalen Produktmodell?



Produktmodelle sind Bestandteil der heutigen Produktentwicklung, die den Ingenieur bei dem Umgang mit dem immer stärker vernetzten Produkt unterstützen. Die unterschiedlichen Anwender werden – u.a. bedingt durch die Produktentwicklungsphasen – im Produktmodell auch berücksichtigt. Darüber hinaus konzentrieren sich zahlreiche Aktivitäten der Industrie und Forschung auf die Verbesserung des Produktmodells und dessen durchgängige Nutzung im Produktentwicklungsprozess. Hier ist z.B. der Austausch von Produktmodellen zwischen unterschiedlichen Systemen zu nennen, bei denen die Anwender in dem Produktmodell Informationen hinzufügen, löschen oder modifizieren.

Was jedoch in der Vergangenheit wenig Beachtung gefunden hat, ist der personenspezifische Zugang zu Produktmodellen und den darin enthaltenen Informationen. So sind z.B. in einem Tool für

Produktkonfigurationen nicht nur bauteilbedingte Randbedingungen (Montage, Fertigung) hinterlegt, sondern auch Richtlinien, die vom Gesetzgeber erlassen worden sind. Werden von solchen Tools die Produktmodelle für die weitere Bearbeitung in ein CAD-System exportiert, gehen Informationen verloren, die bereits einmal in dem Produktmodell vorhanden waren. Durch die vorliegende reduzierte Informationsbasis ist der Ingenieur dann nicht in der Lage sich ein vollständiges Produktmodell zu bilden. Daraus leitet sich der Bedarf ab, dass jeder Ingenieur sich ein eigenes Produktmodell erstellt. Dieses wird dann im Team so lange erweitert, bis sich ein Produktmodell ergibt, in dem die Informationen von allen einzelnen Produktmodellen enthalten sind. Bei der Erstellung der individuellen Produktmodelle sind unterschiedliche Modellierungstechniken abzuwägen und zu kombinieren, sowie die Modellierungsergonomie zu berücksichtigen.

Die vorgestellten Inhalte sollen eine Diskussion anregen, so dass das Produktmodell den einzelnen Ingenieur im Tagesgeschäft zukünftig besser unterstützt. Dabei werden Produktentwicklungsmethoden, die Modellierung selber und die Individualisierung angesprochen.

[<http://www.pe.mw.tum.de/>]



# ARTWORK



## Kernkonzepte des Produktmodells einer Engineering Workbench



Andreas Günzler  
Technische Universität München  
17.10.2002



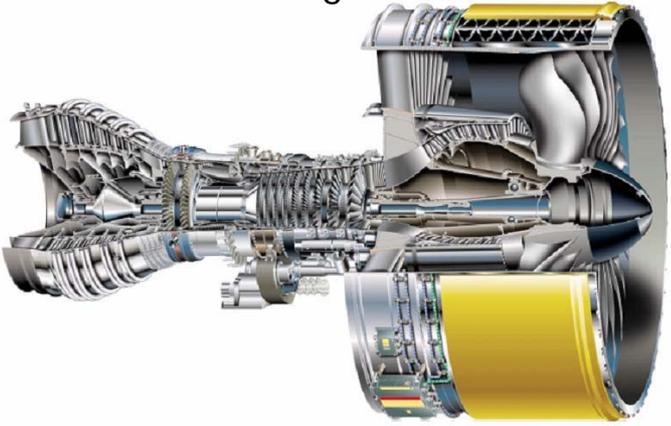
## Motivation

- Anspruchsvolle Arbeitsabläufe
  - Spezialisierte, aufwändige Aktivitäten
  - Zahlreiche Bearbeiter und Fachdisziplinen
- Komplexes Produkt
  - Vielfältige Bestandteile
  - Unterschiedliche Sichtweisen
- Heterogene IT-Landschaft
  - Isolierte Entwicklungswerkzeuge
  - Verschiedene Systemplattformen



# Anwendungsdomäne

- Turbinenentwicklung







15.01.2003 Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002
Folie 3
3Copyright © MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH

# Anwendungsdomäne

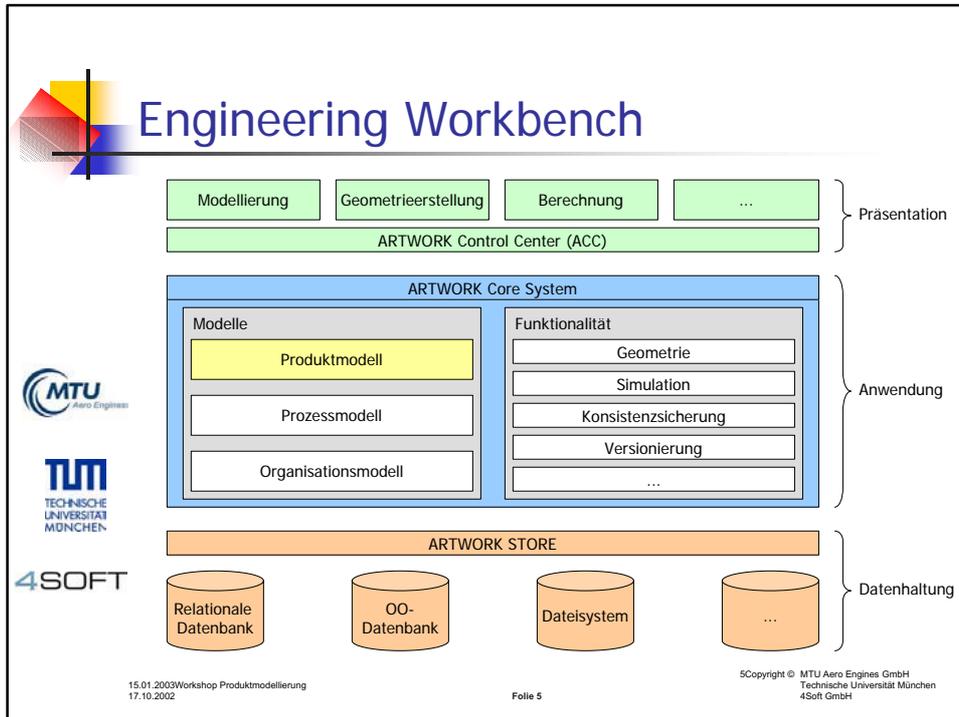
- Turbinenentwicklung
  - ca. 5000 Bauteile
  - 3-6 Jahre Entwicklungszeit
  - ca. 200 Bearbeiter (Kernteam)
  - über 15 Fachdisziplinen
  - ca. 500 Entwicklungswerkzeuge
  - über 5 Systemplattformen







15.01.2003 Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002
Folie 4
4Copyright © MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



- # Ziele
- Das Produktmodell
    - bietet einen einheitlichen Modellrahmen
    - erfasst alle relevanten Produktinformationen
    - erlaubt verschiedene Sichtweisen auf das Produkt
    - unterstützt Konsistenzprüfung und -sicherung
    - ermöglicht Wiederverwendung und Schema-evolution
    - berücksichtigt alle Phasen des Entwicklungsprozesses und Lebenszyklus
- Logos for MTU Aero Engines, TUM Technische Universität München, and 4SOFT are visible on the left side of the slide.
- 15.01.2003 Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002
- Folie 6
- 6Copyright © MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



## Kernkonzepte

- Typisierung
  - Trennung von Typ und Instanz
- Parametrisierung
  - Einschränkung der Freiheitsgrade
- Hierarchische Dekomposition
  - Baumartige Strukturierung der Modelle
- Segmentierung
  - Aufteilung in Sichten
- Konsistenzsicherung
  - Berücksichtigung von Ingenieurwissen



15.01.2003 Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002

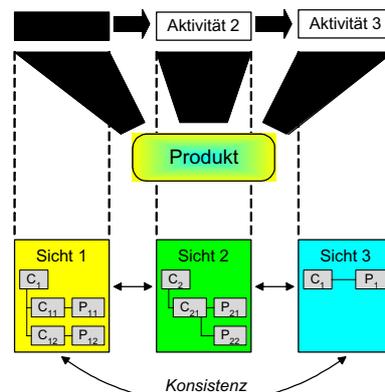
Folie 7

7 Copyright © MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



## Das Sichtenkonzept

- Einzelne Teilmodelle bilden *Sichten* auf das Produkt
  - Ausschnitte des Gesamtmodells
  - Optimale Repräsentation
  - Variable Konsistenzsicherungsstrategien
  - Klare Verknüpfung mit Workflow-Konzepten



15.01.2003 Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002

Folie 8

8 Copyright © MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



# Fallbeispiel Turbine

Konfiguration

Geometrische Modellierung

Meshing

- Turbine: Turbine
- Rotor: Rotor
- Disk1: Disk
- ... ..
- Disk2: Disk
- ... ..
- Air Seal: Air Seal
- ... ..
- Bolt: Bolt
- ... ..
- Stator: Stator
- ... ..
- ... ..





15.01.2003 Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002

Folie 9

9 Copyright © MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



# Fallbeispiel Turbine

Konfiguration

Geometrische Modellierung

Meshing







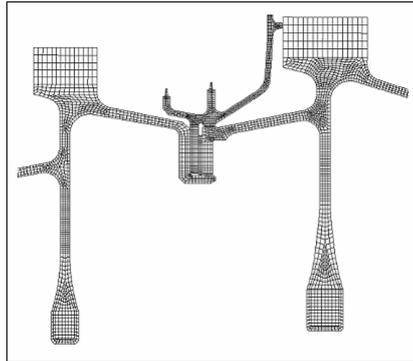
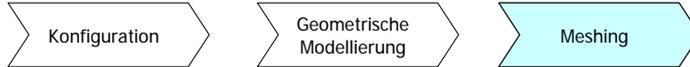
15.01.2003 Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002

Folie 10

10 Copyright © MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



# Fallbeispiel Turbine



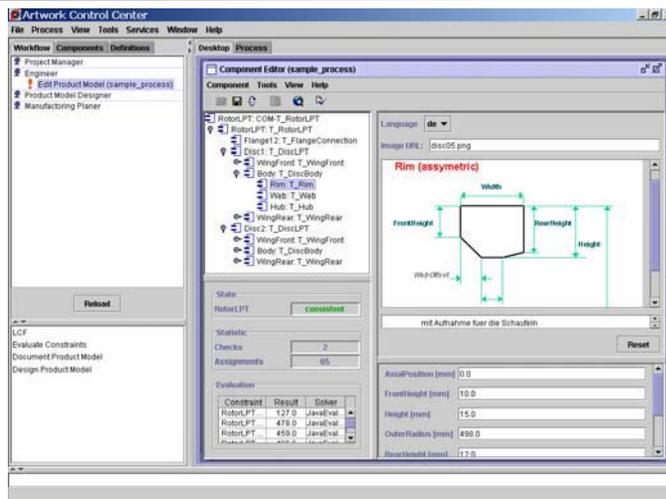
15.01.2003Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002

Folie 11

11Copyright ©MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



# Das ARTWORK Control Center



15.01.2003Workshop Produktmodellierung  
17.10.2002

Folie 12

12Copyright ©MTU Aero Engines GmbH  
Technische Universität München  
4Soft GmbH



## Zusammenfassung

- Engineering Workbench als umfassende Integrationsbasis
  - Explizites Produkt-, Prozess- und Organisationsmodell
  - Flexible Anbindung verschiedenster Werkzeuge
  - Vereinfachung der IT-Landschaft
- Produktmodell als wesentliche Komponente
  - Erfassung aller relevanten Produktinformationen
  - Unterstützung unterschiedlicher Fachdisziplinen
  - Enge Verzahnung mit dem Entwicklungsprozess



## Baukastenbasierte Erstellung von Produktmodellen als Basis für die Generierung kundenspezifischer Entwurfsunterlagen (Model Driven Engineering)

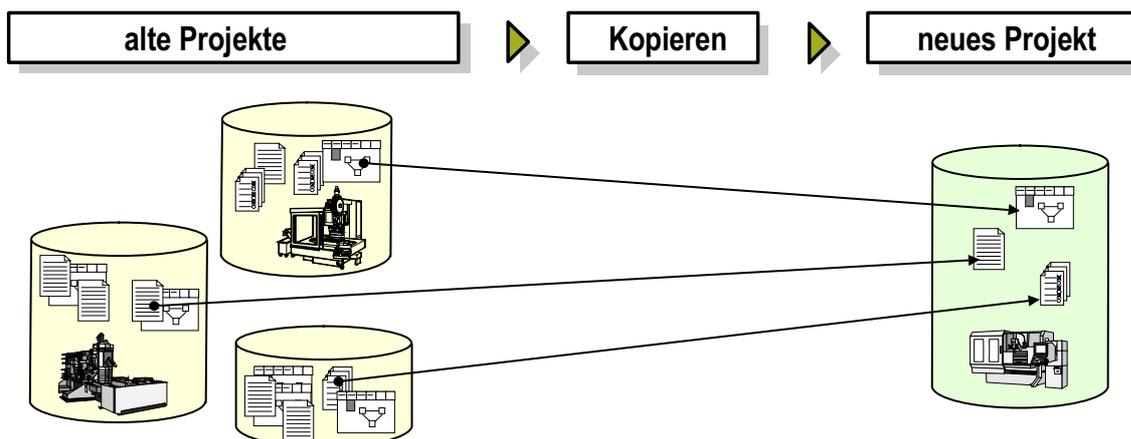
- ➔ Ausgangssituation im Maschinen- und Anlagenbau
- ➔ Lösungskonzept: Model Driven Engineering
- ➔ Modellierungsmethodik
- ➔ Praxiserfahrungen

**mind8.**

Dipl.-Ing. Jörg Lewek;  
Dipl.-Ing. Marco Litto

Seidenstr. 36  
70174 Stuttgart  
Tel. 0700-64638266  
info@mind8.com  
www.mind8.com

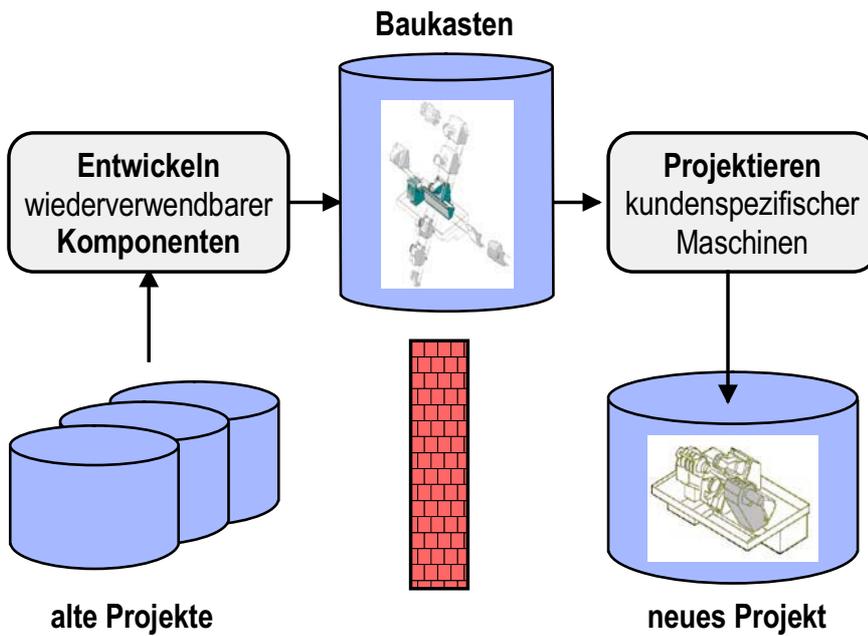
## Heute: Wiederverwendung durch Kopieren



### Probleme

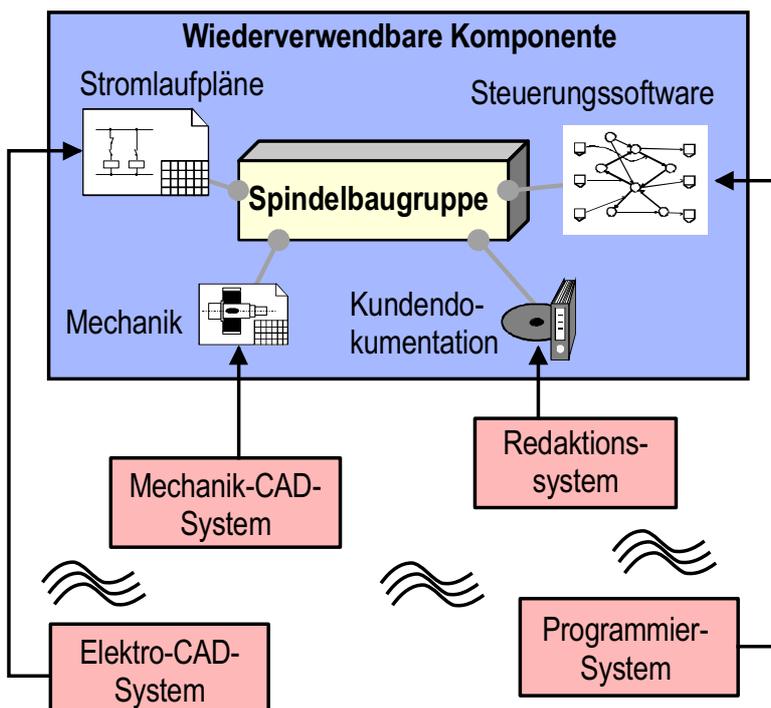
- ➔ Qualität: Mitkopieren von Fehlern
- ➔ Inbetriebnahme: alle Funktionen müssen getestet werden
- ➔ Service: fehlende Standards

## Baukastenbasierte Wiederverwendung

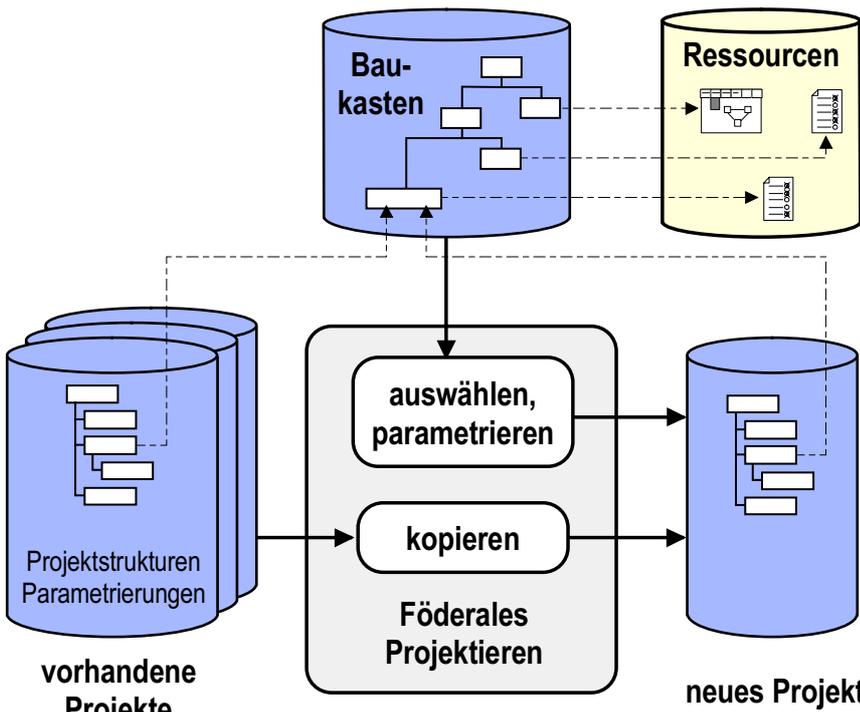
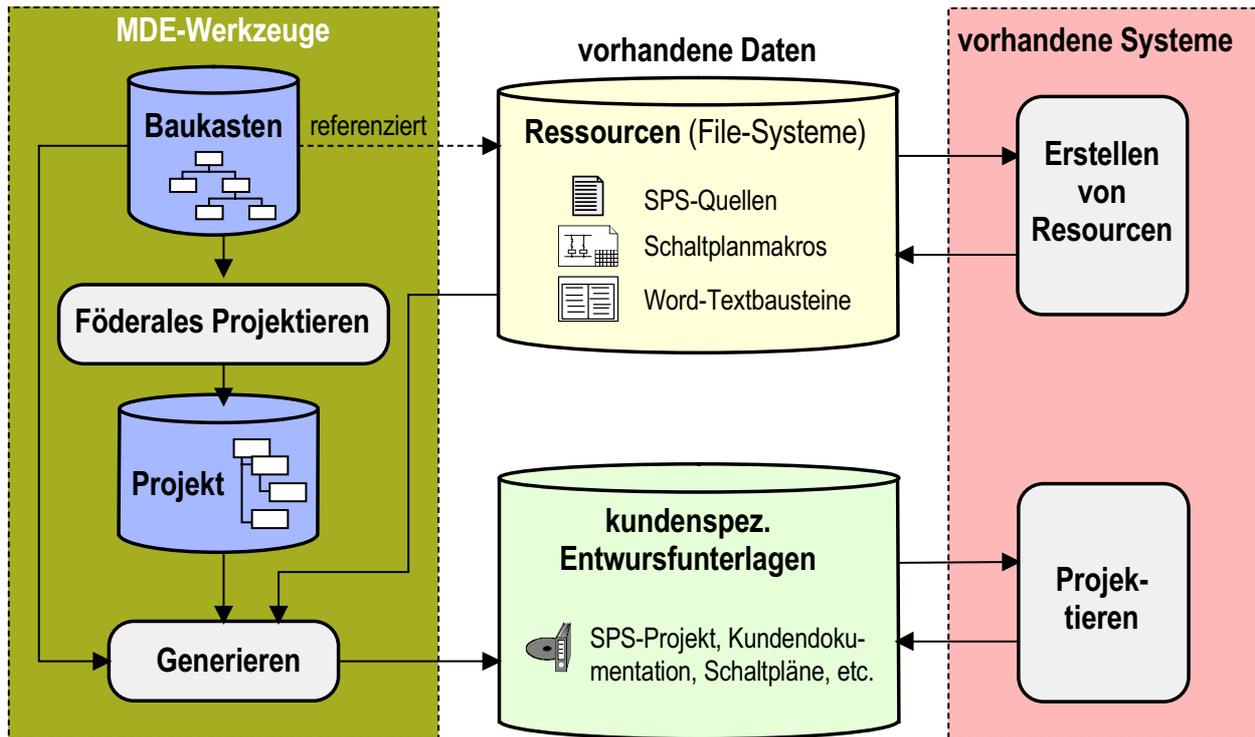


- ➔ Baukasten definiert projektneutrale Firmenstandards
- ➔ Arbeitsteilung in Entwicklung und Konstruktion
- ➔ systematische Erhöhung der Verfügbarkeit
- ➔ Reduzierung von Durchlaufzeiten

## Wiederverwendbare Komponenten



- ➔ Baukasten ist nur mental, d.h. in den Köpfen der Mitarbeiter beschrieben
- ➔ Die Projektierung erfordert zeitaufwändige, manuelle Routinetätigkeiten
- ➔ Konfigurationsfehler werden erst in späteren Phasen (z.B. Inbetriebnahme) erkannt



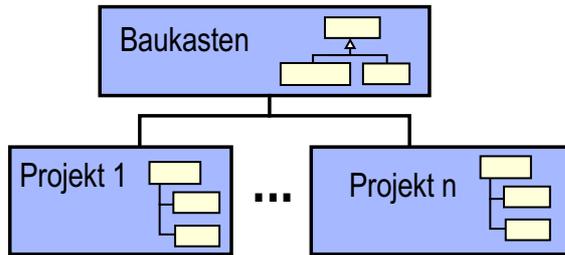
➔ Kopieren von Projektteilstrukturen und deren Parametrierung ohne "Inhalte" (=Ressourcen) zu vervielfältigen

➔ Anwendung des gewohnten Prinzips der Wiederverwendung durch Kopieren ohne die bekannten Nachteile

-----➔ referenziert

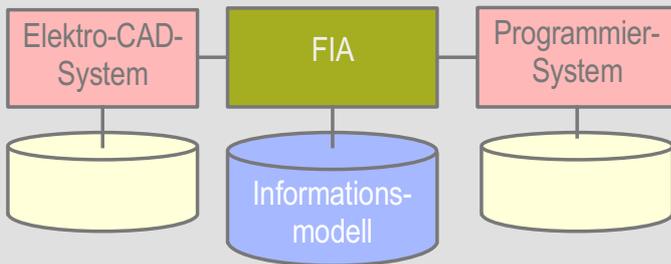
# Aufgabenstellung für Föderal

## 1. Modellierungsmethodik für firmenspezifische Baukastensysteme



- interdisziplinäre Beschreibung des Baukastens sowie der Projekte.
- Regeln für die Projektierung
- Überprüfung von Konfigurationen

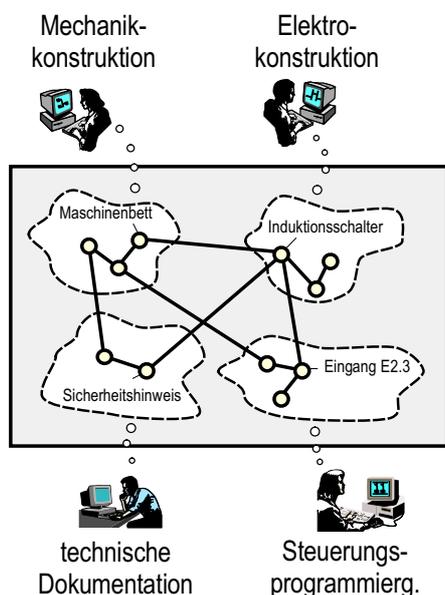
## 2. Föderale Informations-Architektur (FIA)



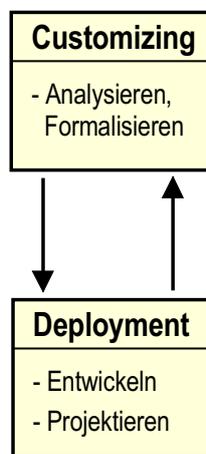
- Verbund auf der Basis selbstständiger, vorhandener Engineeringssysteme
- Unterstützung baukastenbasierter Engineeringprozesse

# Modellierungsmethodik

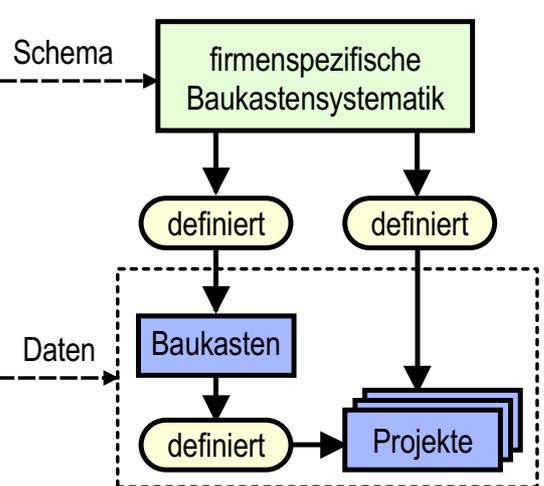
### Mentales Modell



### Iterative Adaption



### Informationsmodell



## Informationsmodell

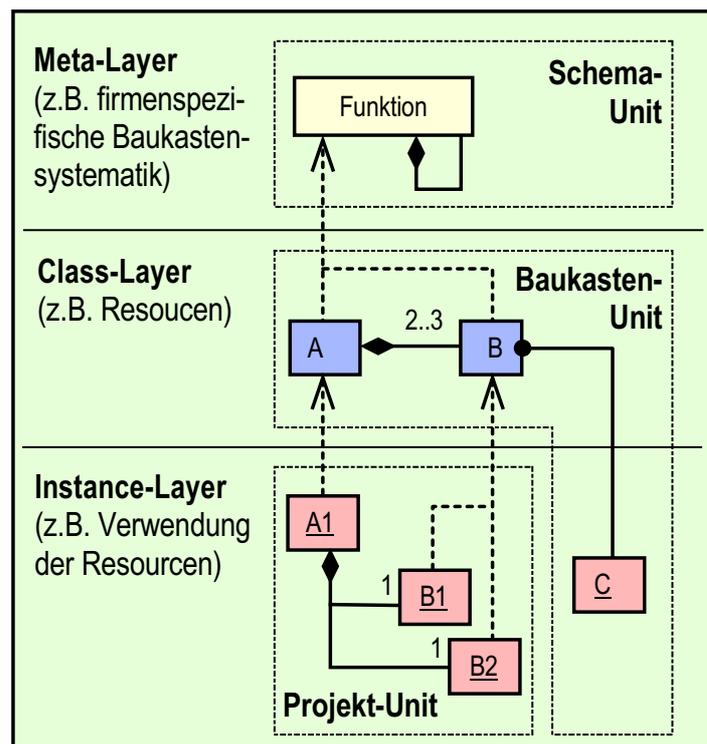
- Integrierte Abbildung von Baukastensystematik, Baukasten und Projekten
- Abstraktionsstufen des Betrachtungsbereichs
- Organisatorische Strukturierung des Modells
- Abbildung von Constraints
- ausdrucksstark

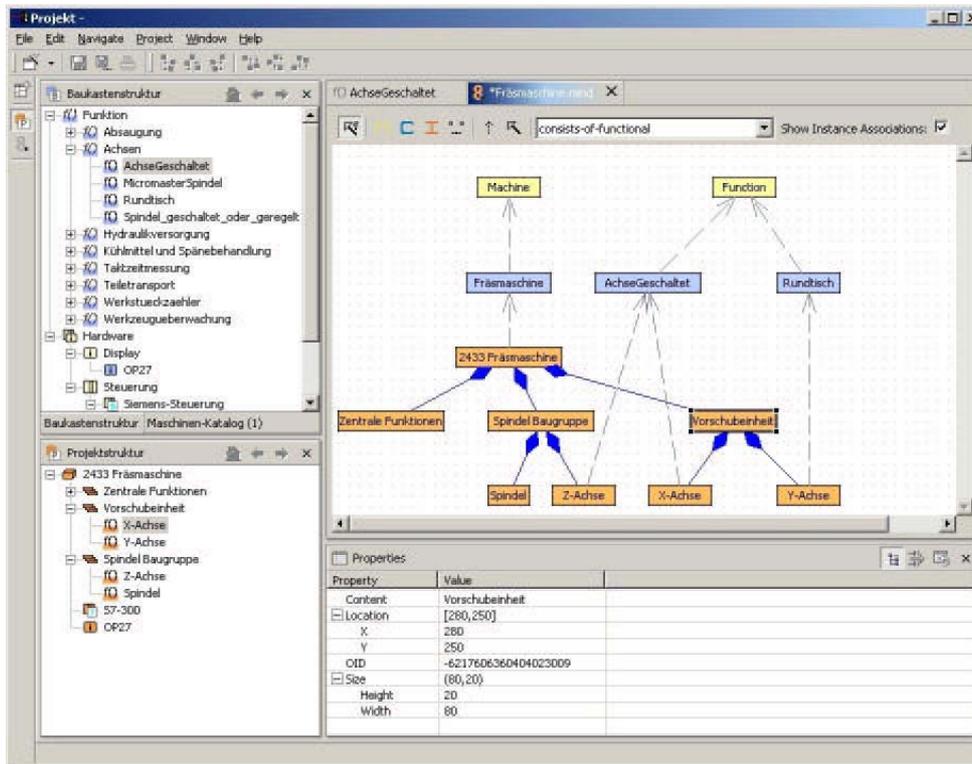
## Customizing

- top-down / bottom-up
- Model Driven Engineering der FIA (Realisierung möglichst deklarativ im Informationsmodell nicht prozedural in einer Programmiersprache)

# Semantisches Netz als Informationsmodell

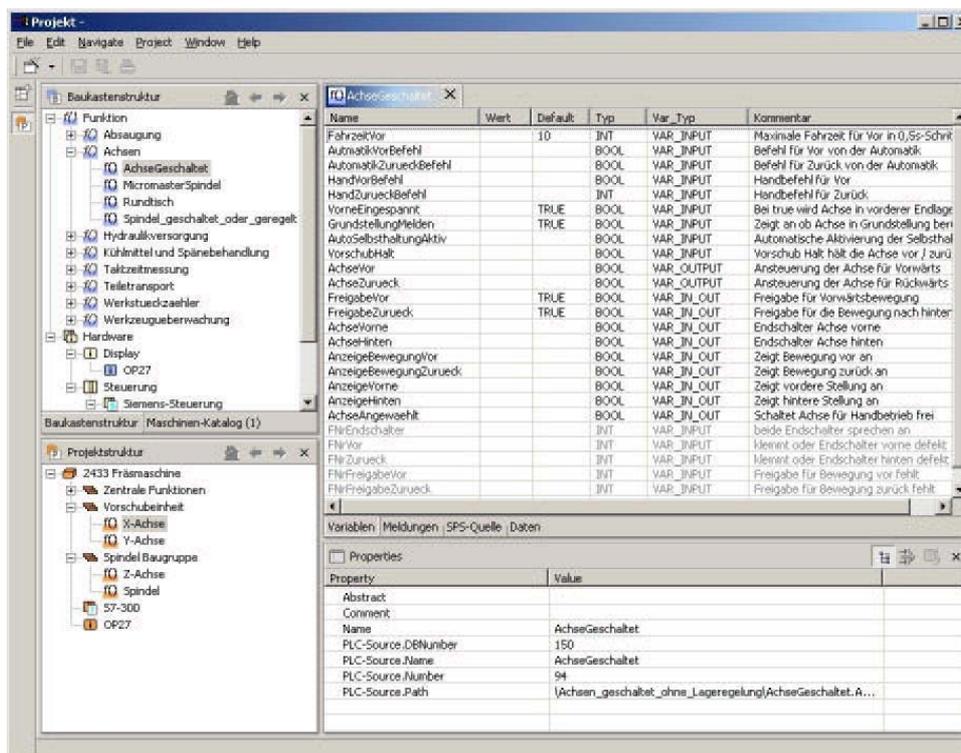
- **Semantisches Netz** (Knoten verbunden durch typisierte Relationen)
- Strukturierung in **Abstraktionsschichten** und **Einheiten** (Layer, Units)
- **Relationstypspezifische Constraints** (nicht zyklisch, Eingangsrate, etc.)
- **Relationstypspezifische Propagation** des Erzeugens und Löschens von Knoten und Relationen (Kopie, Referenz, etc.)





Copyright Mind8 GmbH, Stuttgart, 2002

www.foederal.org



Copyright Mind8 GmbH, Stuttgart, 2002

www.foederal.org



## Projektierung von bisher 7 kundenspezifischen Fertigungseinrichtungen



### Produktmodell

Funktionsgruppe, Funktion, Parameter, Steuerungsplattform

### Generierung von Steuerungssoftware

Genutzte Bausteine, Systemgrundbausteine, Instanzbausteine, Hauptprogramme, Symbolik, Fehler- und Betriebsmeldungen mit Verweis auf Betriebsmittel



## Customizing der FIA

Reduzierung des Customizing-Aufwandes auf ca. 30% des Aufwandes gegenüber vergleichbarer Umsetzung ohne Model Driven Engineering der FIA.

# EPI-K AG

## Prozebelemente als Erfahrungsspeicher in der Produktmodellierung

Dr.-Ing. Dipl.-Math. Michael Schabacker

Workshop Produktmodellierung  
17. OKTOBER 2002, Garching bei München



© EPI-K AG 2002

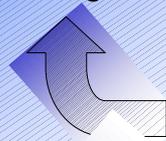


## EPI-K AG Magdeburg



Prozeßmanagement

Workflowmanagement



**PILOT Improver =  
Wissensbasierter  
Projektnavigator**

Projektmanagement

Ressourcenmanagement



Wissensmanagement

Die Wissensbasis wächst kontinuierlich mit jedem Projekt !

© EPI-K AG

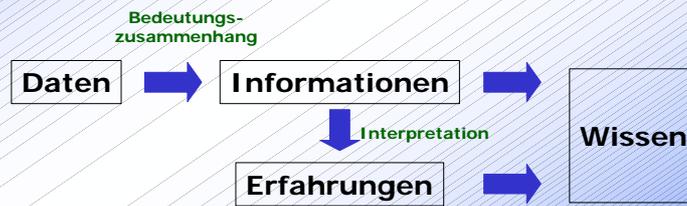
www.epi-k.ag

## Produktmodellierung und Wissen

EPI-K

„Zusammentragen und Abbilden aller das Produkt beschreibenden, für seine Herstellung benötigten und teilweise aufeinander bezogenen Informationsmengen“

Quelle: Vorlesung "Produktmodellierung", LMI



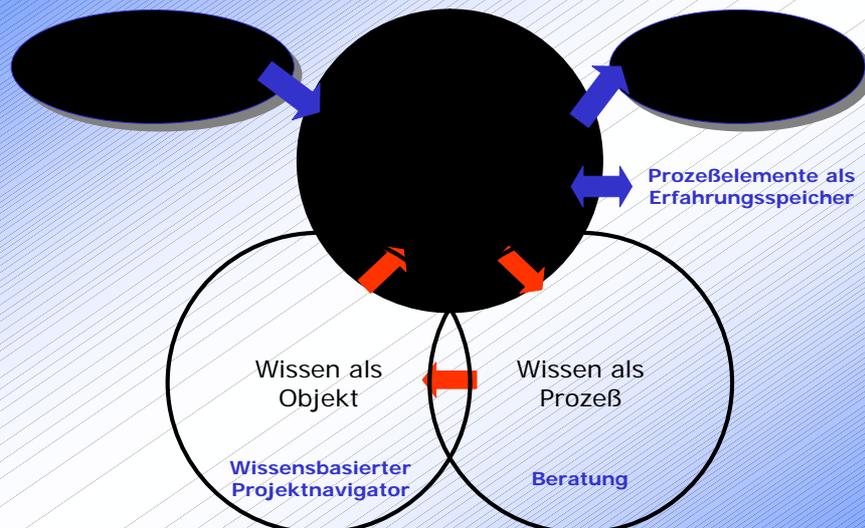
Quelle: D. Altenkrüger, W. Büttner: Wissensbasierte Systeme, 1992

© EPI-K AG

www.epi-k.ag

## Wissen als Prozeß

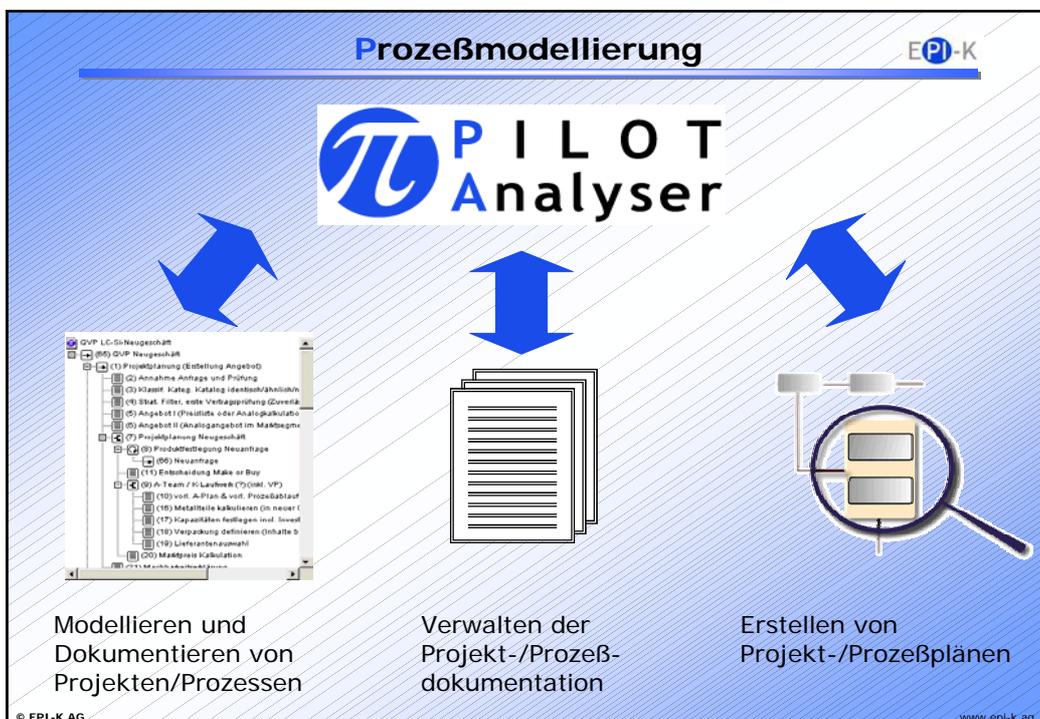
EPI-K

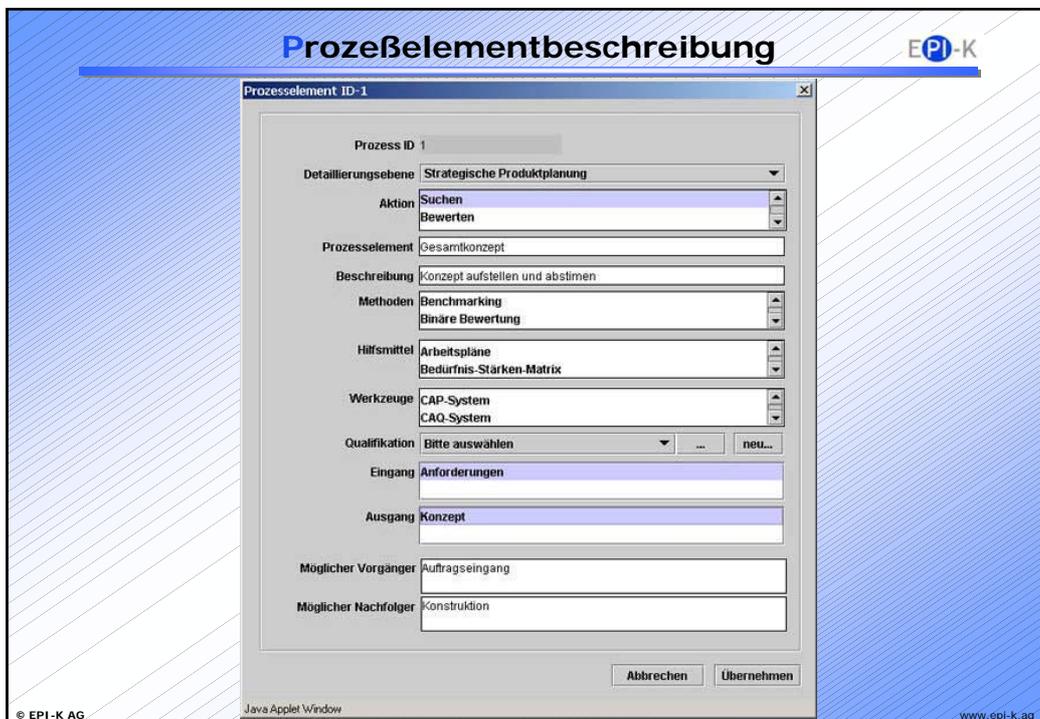
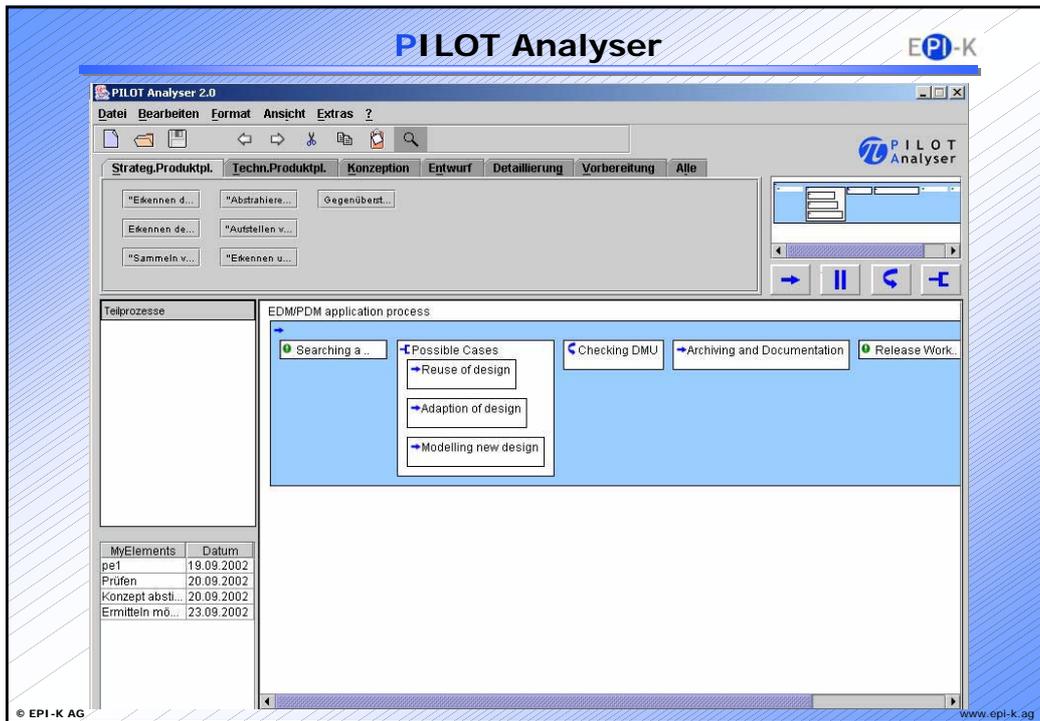


Quelle: Prof. Dr.-Ing. S. Vajna, Uni Magdeburg

© EPI-K AG

www.epi-k.ag







## Qualifikationsprofil für ein Prozebelement

Kenntnisstand Qualifikation	Anfänger (A)	Fortgeschrittener (F)	Experte (E)
Technischer Zeichner			X
CAD-Konstrukteur		X	
Techniker			X
EDM-Anwender	X		
Betriebswirt	X		
FEM-Simulation		X	
:			

© EPI-K AG

www.epi-k.ag

## Qualifikationen je Prozebelement

Qualifikation Prozebelemente	Technischer Zeichner	CAD- Konstrukteur	Techniker	...
Prozebelement 1	X (A)		X (F)	
Prozebelement 2	X (E)			
...		X (F)	X (F)	
Prozebelement n		X (A)	X (E)	

© EPI-K AG

www.epi-k.ag

## Prozeßoptimierung

EPI-K

**Simultaneous Engineering** (Optimierungsstufe 1): Vergleich der Ein- und Ausgangsdaten der einzelnen Prozeßelemente

**Time Engineering** (Optimierungsstufe 2): Minimierung der Warte- und Liegezeiten der einzelnen Prozeßelemente (unter Berücksichtigung von minimal notwendigen Informationen des nächsten Prozeßelementes)

**Concurrent Engineering** (Optimierungsstufe 3): Aufteilung der Prozeßelemente entsprechend ihrer Ausgangsdaten in Aktivitäten

**Qualification Engineering** (Optimierungsstufe 4): Optimierung der Ressourcenauslastung anhand von Qualifikationsprofilen

© EPI-K AG

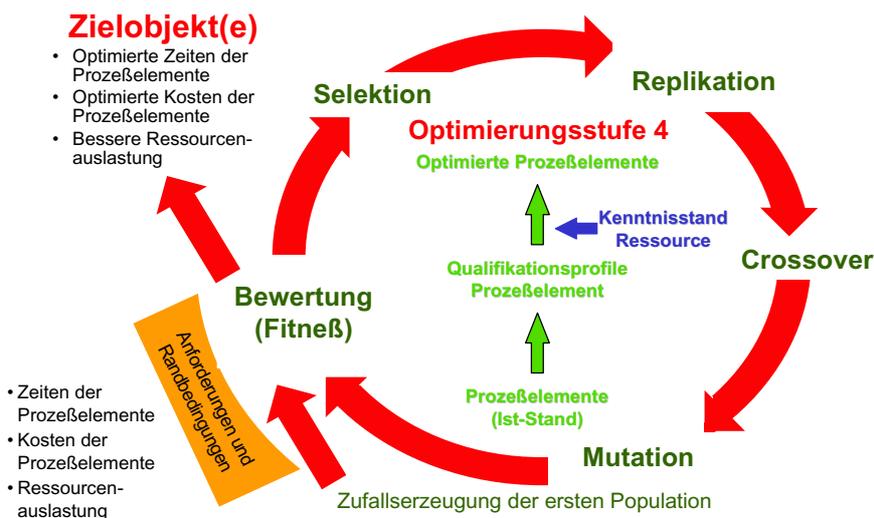
www.epi-k.ag

## Genetische Algorithmen: Ressourcenoptimierung

EPI-K

### Zielobjekt(e)

- Optimierte Zeiten der Prozeßelemente
- Optimierte Kosten der Prozeßelemente
- Bessere Ressourcenauslastung



© EPI-K AG

www.epi-k.ag

# Projektmanagement-Software

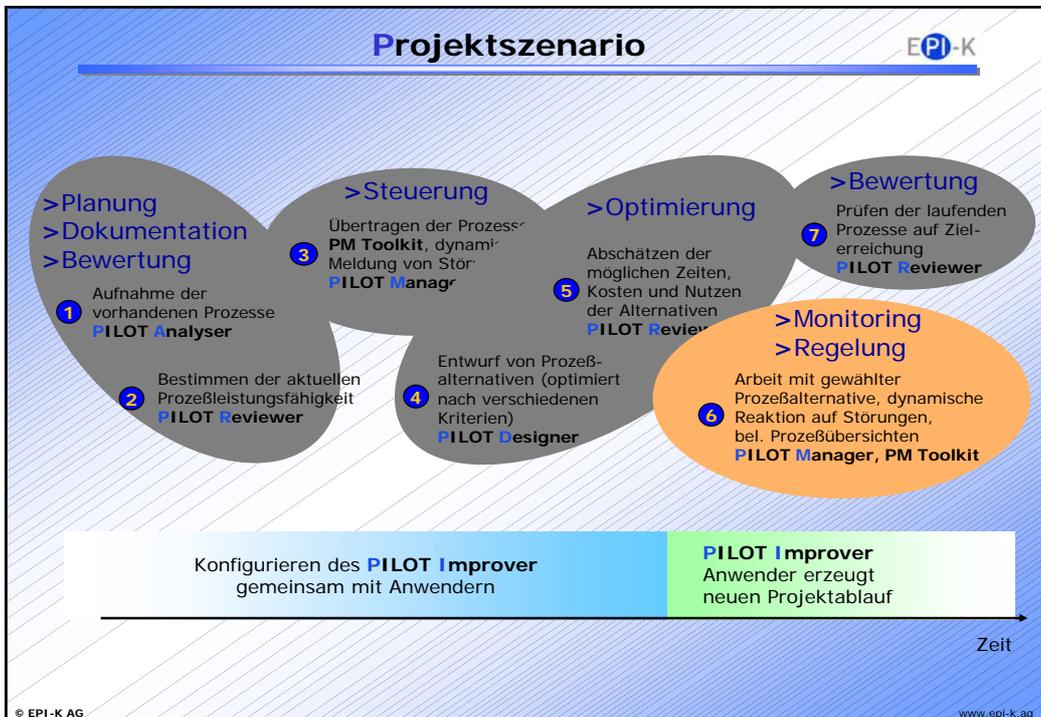


The screenshot displays the 'Workplace - Musterbau Erstmuster' interface within a Microsoft Internet Explorer browser. The interface includes a menu bar (File, Edit, Schedule, Documents, Team, Help) and a toolbar with various icons. A task list on the left side is filtered by 'All Tasks' and shows a hierarchical structure of tasks for 'Musterbau Erstmuster', including tasks like 'Allgemeine Planung & Auftragsvergabe', 'Konstruktion des RWDR-Werkzeuges', and 'Herstellung Werkzeug komplett'. The main area features a Gantt chart view for the period from July to December 2002, showing task dependencies and progress. A 'Start' arrow is at the beginning of the timeline, and an 'End' arrow is at the end. Several tasks are marked as 'Musterdisponent' or 'Werkzeuglogistik'. The bottom of the browser window shows the address bar and status bar.

© EPI-K AG

www.epi-k.ag

# Projektszenario



© EPI-K AG

www.epi-k.ag

## Zusammenfassung

EPI-K

**„Knowledge itself cannot be managed. What has to be managed are humans and the conditions which social processes take place.“**

*Quelle: I. Nonaka, H. Takeuchi: Die Organisation des Wissens, 1995*

© EPI-K AG

www.epi-k.ag

**Vielen Dank für Ihr Interesse!**  
**Besuchen Sie uns im Internet unter**  
**<http://www.epi-k.ag>**



EPI-K

Kontakt: Dr.-Ing. Dipl.-Math. Michael Schabacker  
michael.schabacker@epi-k.ag  
Tel. 0391 / 53558-2



# Trends in der Produktenwicklung

*Workshop Produktmodellierung  
Institut für Informatik*



*Garching, den 17. Oktober 2002*

Manfred Klug  
Manager Strategic Accounts



© 2002 PTC md



## **Agenda**

- 1. Trends in der Produktentwicklung*
- 2. Herausforderungen für IT Anbieter*
- 3. Fragen und Antworten*

© 2002 PTC md

2

## PTC: Fokussiert auf die Produktentwicklung



### Umfassendes Know-how in der Produktentwicklung

- 17 Jahre an der Spitze des Marktes
- Kontinuierliche Innovationen mit richtungsweisendem Charakter



### Herausragende Kompetenzen und Ressourcen für alle Anforderungen der Produktentwicklung

- Breites Spektrum integrierter Lösungen für die kollaborative Produktentwicklung
- Offene Plattform für einzigartige Interoperabilität
- Weltweite Implementierungsunterstützung durch 800 Experten von Global Services
- Partnerschaften mit renommierten Beratungsunternehmen und Systemintegratoren



### Globale Maßstäbe

- Weltweit größtes Softwareunternehmen mit totaler Ausrichtung auf die Produktentwicklung
- Über 33.000 Kunden in 76 Ländern



© 2002 PTC.md

3

## Auszug Kunden: Luftfahrt- und Verteidigungs-Industrie



- Air France (Abbildung Maintenance Flugzeuge)
- Airbus (Supplier und Partner Collaboration, sowie Backbone-System für A-380 Projekt)
- Alenia Aerospazio (Product Lifecyclemanagement)
- Australia Defense Industries (Backbone für die unternehmensweite Kommunikation von Produktinformationen)
- BAE SYSTEMS (Collaboration Supplier, Partner, sowie unternehmensweites On-line Repository für sämtliche Lifecycle-dokumente)
- Boeing Military und Missiles Division (Collaborative product development)
- EADS Launch Vehicle (Collaborative Engineering)
- Exostar (Marktplatz für die Luftfahrt- und Verteidigungsindustrie: u.a. Einkauf, Partner- und Wartung/Ersatzteilhandlung)
- ITP (Collaboration über den gesamten Produktlebenszyklus)
- ITT Aerospace (Backbone für unternehmensweites Informations-Sharing)
- Liebherr Aerospace (Collaboration über den gesamten Produktlebenszyklus)
- Lockheed Martin (Customer Integrated Data Environment, Joint Strike Fighter Programm, verschiedene Projekte bei Aeronautics)
- Raytheon (Automatisierung der Produktentwicklung)
- Rolls Royce (Collaboration in der Supply Chain)
- Sikorsky (automatisierte und transparente Zusammenarbeit von Projektteams, hier: Produktentwicklung)
- Thales Communication (Collaboration Plattform für die verschiedene Business Units, Configuration Management)



© 2002 PTC.md

4

## Trends in der Produktentwicklung

## Fertigungsunternehmen besinnen sich wieder auf das Wesentliche



**“Was unsere Probleme löst sind Produkte.”**

-William Ford, Ford Motor Company  
Dow Jones Business News, 2002

**“Unser vorrangiges Ziel ist es, schneller auf den Markt zu kommen.”**

- Steven Allen, Lear Corporation, Fast Company 2001



**“...man muss erhebliche Risiken auf sich nehmen, um außergewöhnliche, populäre Produkte zu schaffen, die neuen Umsatz generieren.”**

- Time Magazine, 2002

**“Unser Weg zum Überleben sind Innovationen.”**

-Steven Jobs, Apple Computer, Time Magazine, 2002



**“Chung & Co. haben das Image Hyundais gerettet und Autos entwickelt, wie sie die Menschen wollen.”**

- Business Week, Dec 2001

## Trends in der Produktentwicklung



- *Betrachtungsweise fokussiert sich stärker auf noch individuellere Erfüllung von Kundenbedürfnissen*
- *Stärkere Gewichtung der Entwicklungsbereiche*
- *Zunehmender Kostendruck*
- *Fokussierung auf Kernkompetenzen*
- *Bedeutung von Entwicklungskooperationen stark ansteigend, ebenso Joint Ventures zur Vermarktung und Support*
- *Betrachtung der gesamten Lebensdauerkosten als Wettbewerbsvorteil*
- *Ergänzung des eigentlichen Produktes mit „Smart Services“*
- *Zunehmende Verzahnung mit nachgeschalteten Prozessschritten bzw. nahezu allen Unternehmensbereichen*

## Herausforderungen



- *Modulare, einfach und schnell konfigurierbare Produktsysteme*
- *Bereitstellung einer grossen, immer aktuellen Informationsvielfalt in frühen Entwicklungsphasen, die jedoch schnell und einfach ausgewertet werden kann*
- *Höchstmögliche Transparenz*
- *Nutzung weiterer Ratioeffekte durch Standardisierung (Streamlining von Prozessen, etc.)*
- *Standardisierung, z.B. von verwendeten Komponenten vereinfacht die spätere Serviceabwicklung (Lebensdauerkosten!)*
- *Time-to-Market verkürzen bei gleichzeitiger Qualitätserhöhung*
- *Zusammenarbeit abteilungs-, partner- und unternehmensübergreifend im heterogener Umfeld*

- **Schnell implementierbare Softwarelösungen / Produktentwicklungssystemen**
- **Flexible Lösungen, die folgende Kriterien berücksichtigen:**
  - Unterstützung heterogener Systemlandschaften, Prozesse, etc.
  - Intuitive, easy-to-use Softwarelösungen
  - Berücksichtigung der kundenspezifischen Wettbewerbsvorteile
  - Implementierte Branchenanforderungen („Best-Practices“)
- **Langfristig orientierte, finanzstarke Partner**
- **Netzwerk von Know-How-Trägern, um die Kundenwünsche optimal zu unterstützen**

**PTC's Product First Strategie**

## Integrierte Produktentwicklung



### Create: Erzeugung der Produktinformationen

- Interne Generierung von Produktdaten
- Produktdaten von Lieferanten

### Collaborate: Gemeinsame Nutzung

- Austausch mit Kunden
- Interne Kommunikation
- Zusammenarbeit mit Lieferanten
- Projektmanagement

### Control: Steuerung und Kontrolle

- Konfigurationsmanagement
- Prozesse und Workflows



© 2002 PTC.md

11

## Technische/Organisatorische Herausforderungen



- Integration in bestehende, heterogene IT-Umgebung (ERP, CRM, CAD/CAM/CAE, Legacy, etc.)
- Integration auf der Geometrieebene
- Implementierung auf der Prozessebene
- Berücksichtigung verschiedener Sichten auf Produktinformation im Kontext von Rollen
- Minimaler Schulungs- und Adminalaufwand

© 2002 PTC.md

12

## PTC Lösungsweg



- **Interaktion mit anderen CAD Systemen bzw. FE Systemen auf Basis von nativen Daten (Geometrie- und Strukturinformationen) – „Associative Topology Bus“**
- **Founding Partner der PLCS Initiative bzw. auch im ENHANCE Projekt**
- **Weiterentwicklung des STEP-Standards**
- **Nutzung von Standards (XML, Internetstandards, etc.) zur Interaktion abteilungs-, unternehmens-, rollenübergreifend**
- **Softwareentwicklung mit Fokus der gesamten Lebensdauererosten – GUI-Entwicklung mit intensiven Field-Test, Internetstandards und web-basierte Lösungen, etc.**
- **Integration von heterogenen System- bzw. Prozess-, Datenmanagementlandschaften mit Enterprise Application Integration – Info\*Engine & Proxy Technologie**

© 2002 PTC,md

13

## PTC Lösungspakete



- **Nächste Pro/ENGINEER Generation Wildfire**
  - Pro/E Arbeitsplatz als zentraler Knotenpunkt sämtlicher im Kontext der Arbeit notwendiger Aufgaben
- **Link Solutions**
  - Vorkonfigurierte Lösungspakete auf Basis der Windchill Architektur und Windchill Best-Practices, die jeweils bestimmte Businessanforderungen unserer Kunden adressieren
  - Extrem schnelle Einführung, schneller ROI.
- **Windchill Enterprise**
  - Unternehmensweite Lösungen zur Abbildung spezifischer Kundenanforderungen

© 2002 PTC,md

14

## Integrierte Produktentwicklung im realen Umfeld



### Pro/E Wildfire Hauptrichtungen

Vereinfachen des Prozesses der Produktentwicklung für alle Beteiligten im Unternehmen unter Nutzung der Web-Technologien

- Web-zentrische Produktentwicklung
- Integrierte Datenverwaltung mit Web-Technologien
- Unternehmenseinbindung
- Dynamische Konferenzen
- Verbesserte Benutzerführung



© 2002 PTC, Inc.

15

## Integrierte Produktentwicklung im realen Umfeld



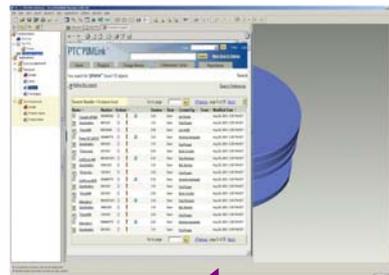
### Integrierte Datenverwaltung mit Web-Technologien

#### Eigenschaften

- Suchen und Sichten von Pro/E Objekten im eingebauten Internet Explorer
- Möglichkeit von einfachen typischen PDM Operationen (wie Ein/Auschecken, Sperren) direkt in einem Fenster
- Unterstützung für Pro/INTRALINK und Windchill
- Integration der Link Solutions in der Oberfläche
- Send-to Email um die Konstruktionen einfach weitergeben zu können, wie z.Bsp. an Kollegen oder Partner

#### Vorteile

- Verbesserte Datenverwendung
- Vereinfachung von Datenmanagement Aufgaben
- Aufgabenlisten lassen sich so direkt in Pro/E abarbeiten
- Verbesserte Zusammenarbeit



Check-out nach Pro/ENGINEER

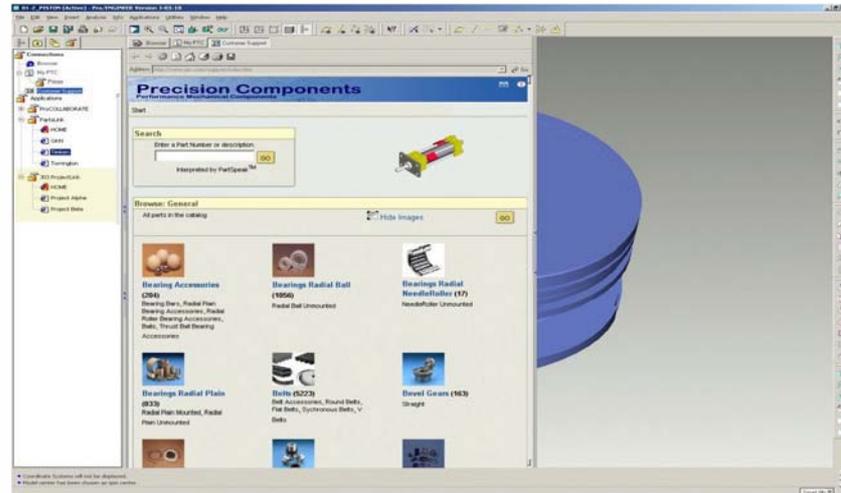
© 2002 PTC, Inc.

16

# Integrierte Produktentwicklung im realen Umfeld



## Interaktive Teilekataloge



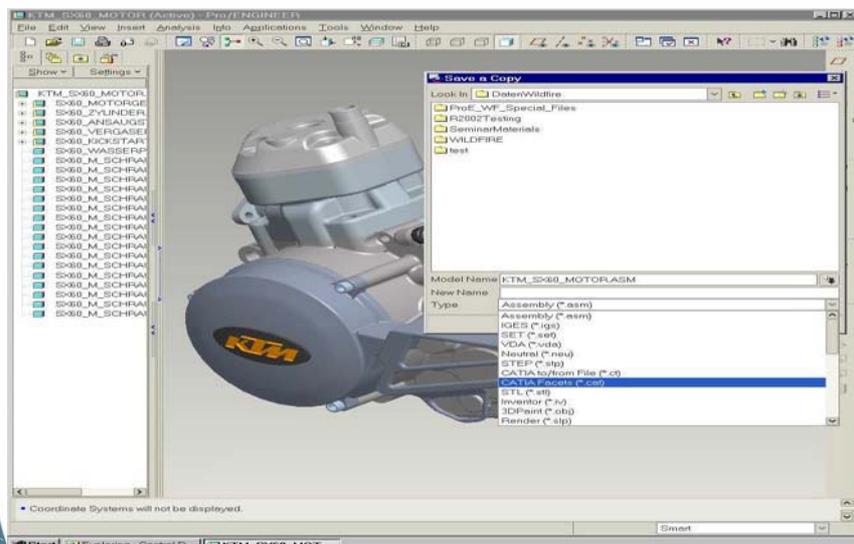
© 2002 PTC, Inc.

17

# Integrierte Produktentwicklung im realen Umfeld



## CAD Integration

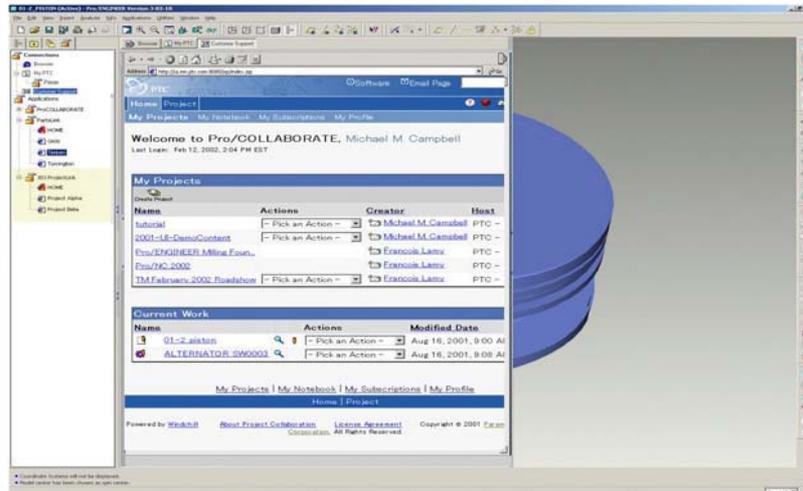


© 2002 PTC, Inc.

# Integrierte Produktentwicklung im realen Umfeld



## Einbindung in Projektbearbeitung



© 2002 PTC.md

19

# Integrierte Produktentwicklung im realen Umfeld

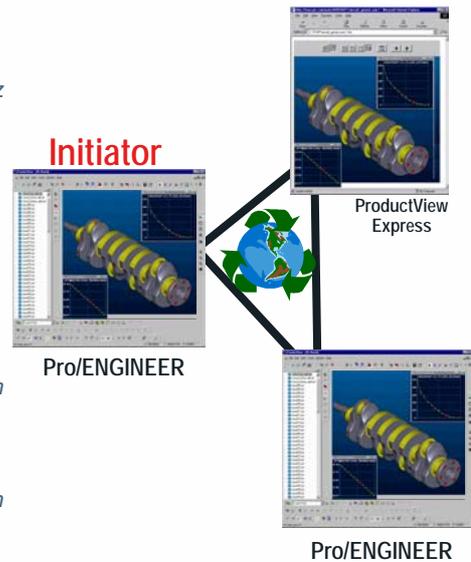


### Peer-to-Peer Echtzeit Zusammenarbeit

- Einfaches Eröffnen einer Konferenz
- Einladen von einem oder mehreren Teilnehmern
- Kontrolle kann zwischen den Pro/ENGINEER Nutzern wechseln
- Automatische Synchronisation der Sitzungen
- Chat Möglichkeiten
- Plattform unabhängig und Firewall-sicher
- Lokale Kopien der Dateien in einem geschützten Bereich

### Vorteile

- Spontane Zusammenarbeit an gemeinsamen Projekt an entfernten Standorten
- Benutzt von der lokalen Maschine die Graphik und Prozessor



© 2002 PTC.md

20

**Kontakt:** **Manfred Klug**  
**PTC Friedrichshafen**  
**Tel.: 07541/38 11 20**  
**[mklug@ptc.com](mailto:mklug@ptc.com)**

**Weitere Informationen unter [www.ptc.com](http://www.ptc.com)**

TU München, Lehrstuhl für Software & Systems Engineering  
Workshop Produktmodellierung, 17.10.2002

# Ein neuer Ansatz zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen

Prof. Dr.-Ing. Christian Weber; Dipl.-Ing. Till Deubel  
Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD

E-Mail: weber@cad.uni-saarland.de; deubel@cad.uni-saarland.de

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



17.10.2002

## Ein neuer Ansatz zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen – Inhalt (1)

- 1 Motivation und Ziele, Einordnung
- 2 Modellierung von Produkten
  - .1 Grundlage: Merkmale (*Characteristics*) und Eigenschaften (*Properties*)
  - .2 Modellierung von Produkten: Analyse
  - .3 Modellierung von Produkten: Synthese
  - .4 Lösungselemente/-muster, (Varianten-) Module, Features
- 3 Modellierung von Produktentwicklungsprozessen  
(„Property-Driven Development“)
  - .1 Regeln und Terminierungsbedingung
  - .2 Ablauf und Steuerung des Prozesses

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Ein neuer Ansatz zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen – Inhalt (2)

### 4 Produktmodelle/-modellierung mit Rechnerunterstützung

- .1 Aufgaben
- .2 Systeme für den Entwurf (CAD)
- .3 Systeme für Berechnung und Simulation (CAE)
- .4 Systeme für die Optimierung (CAO)
- .5 Bestandteile Produktmodell

### 5 Systeme für das Daten- und Prozeßmanagement

- .1 Übersicht PDM, PLM heute
- .2 Von PDM zu PLM
- .3 Weiterführende Ideen

### 6 Ansatzpunkte für die praktische Umsetzung

### 7 Zusammenfassung und Ausblick

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Motivation und Ziele

### Ein neuer Ansatz zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen<sup>1</sup>

... auf der Basis neuer Überlegungen zur Produktentwicklungstheorie/-methodik



- Theoretische Basis für Produkt- und Prozeßmodellierung
- Neue Sicht auf CAX-Systeme<sup>2</sup>
- Impulse für die Weiterentwicklung von CAX-Systemen



- Neue Impulse für (stagnierende) Theorie/Methodik
- Integration mehrerer Ansätze
- Bezug zur Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung

<sup>1</sup> „Modell“: Abstrahierte Abbildung eines realen Gegenstandes und/oder Ablaufes;  
„Modellieren“: Ableitung derartiger Modelle, nicht das „Füllen“ vorgegebener Modellstrukturen.

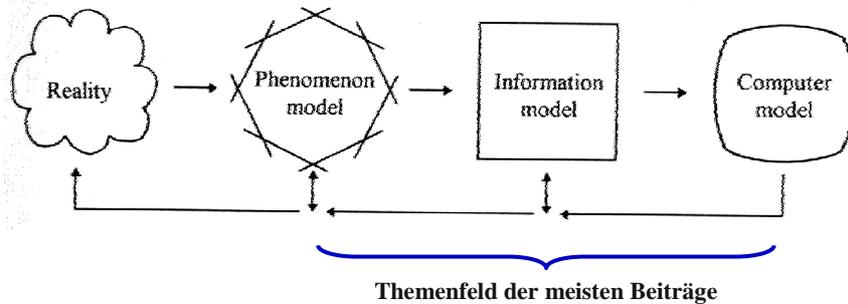
<sup>2</sup> Hier: CAD, CAE, CAO, PDM, PLM

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Einordnung



Ausführungen *dieses* Beitrages hier angesiedelt!

Bereiche sollten in der Diskussion nicht vermischt werden!

Quelle: [Andreasen]

08.11.2002

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



## Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen – Grundlage: Merkmale und Eigenschaften –

Die Grundlage des neuen Ansatzes ist der Unterschied zwischen Merkmalen (*Characteristics*) and Eigenschaften (*Properties*).

**Merkmale (*Characteristics*):**

- Beschreiben *Struktur und Gestalt* des Produktes.
- Können vom Produktentwickler/Konstrukteur direkt festgelegt werden.  
Beispiele: Geometrie, Abmessungen, Werkstoff, ...

**Eigenschaften (*Properties*):**

- Beschreiben das *Verhalten* des Produktes.
- Können vom Produktentwickler/Konstrukteur *nicht* direkt festgelegt werden.  
Beispiele: Funktion, Sicherheit, Ästhetik, Fertigungs-/Montage-/Prüfgerechtheit, Gewicht, Umweltgerechtheit, Kosten des Produktes, ...

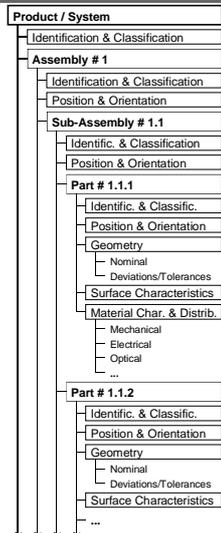
Quellen: [Hubka/Eder, Andreasen/Hein]

08.11.2002

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



## Merkmale/Merkmalssklassen ([Classes of] Characteristics)



Naheliegende Idee zur Strukturierung:  
Produktstruktur/Teilebaum mit den Merkmalen der Einzelteile als „Blättern“

- Alle Ebenen: Identifizierung & Klassifizier.
- Alle Ebenen außer “top”:  
Position & Orientierung
- Auf Teileebene:
  - Geometrie
  - Oberflächenmerkmale
  - Werkstoff, Werkstoffverteilung
- Geometrie & Werkstoff weiter zu strukturieren

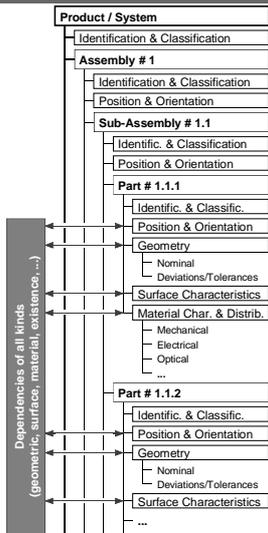


© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Abhängigkeiten/Constraints zwischen Merkmalen (Dependencies between Characteristics)



Sehr häufig sind Merkmale *voneinander* abhängig, z.B.

- räumlich, (nominelle) Geometrie.
- ➔ Diese Abhängigkeiten können heutige CAD-Systeme erfassen (Parametrik).

Aber es gibt auch Abhängigkeiten bezüglich

- geometrischer Toleranzen / Passungen,
- Oberflächen,
- Werkstoffen/Werkstoffpaarungen,
- sogar
- Existenzbedingungen,
- ...

Diese können heutige CAx-Systeme (noch) *nicht* durchgängig erfassen.

➔ Allgemeinere Ansätze und Werkzeuge erforderlich!

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Eigenschaften/Eigenschaftsklassen ([Classes of] Properties)

**Hypothese:**  
**Weitere Strukturierung und „Rangfolge“  
 der Eigenschaften hängen ab von  
 Branche / Produktklasse / einzelmem  
 Unternehmen.**  
**→ Keine allgemeinen Lösungen möglich!**



- Functions, functional properties
- Strength / stiffness / stability
- Durability
- Safety & reliability properties
- Spatial prop., dimens., weight
- Aesthetic properties
- Ergonomic properties
- Manufact./assembly/test. prop.
- Transport properties
- Maintenance & repair properties
- Compliance with regul. & stand.
- Environmental properties
- Resource consumption
- Cost properties

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



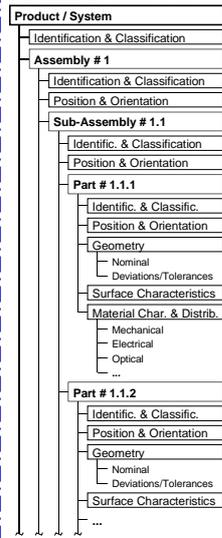
08.11.2002

8 WSPM 2002

◀ ▶ ⏪ ⏩ ■

## Grundlegende Beziehungen Merkmale ↔ Eigenschaften

### Merkmale/Characteristics:



**→**

**Analyse (physisch oder digital):  
 Ermittlung/Vorhersage von  
 Produkteigenschaften (Verhalten)  
 ausgehend von bekannten/  
 gegebenen Merkmalen.**

**←**

**Synthese, Produktentwicklung:  
 Bestimmung/Festlegung  
 von Produktmerkmalen  
 ausgehend von gegebenen/  
 geforderten Eigenschaften.**

### Eigenschaften/Properties:

- Functions, functional properties
- Strength / stiffness / stability
- Durability
- Safety & reliability properties
- Spatial prop., dimens., weight
- Aesthetic properties
- Ergonomic properties
- Manufact./assembly/test. prop.
- Transport properties
- Maintenance & repair properties
- Compliance with regul. & stand.
- Environmental properties
- Resource consumption
- Cost properties

© U.S.

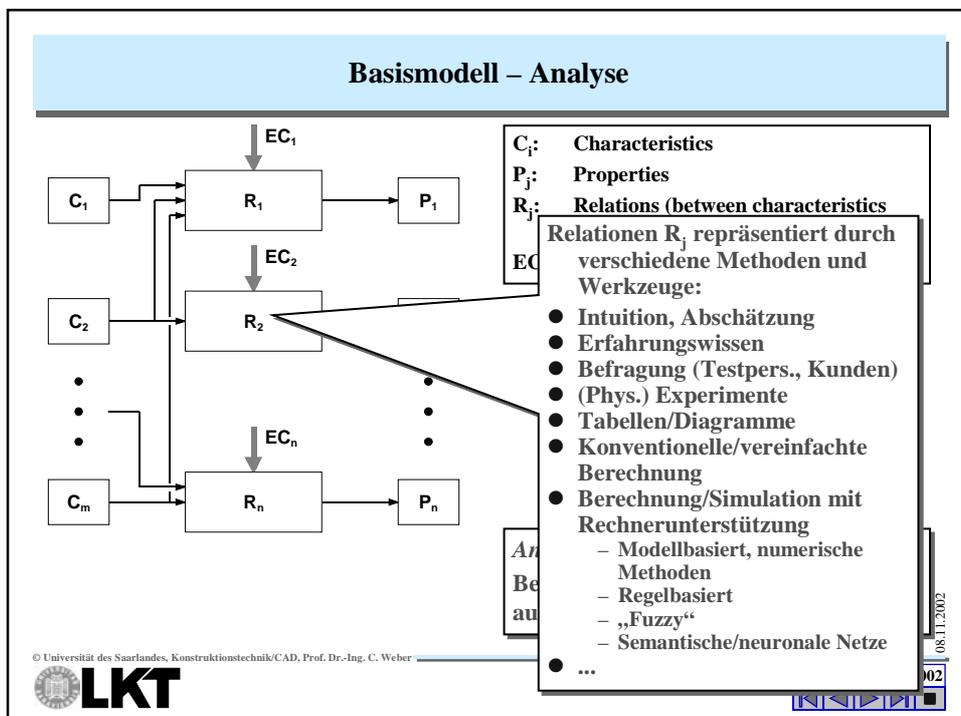
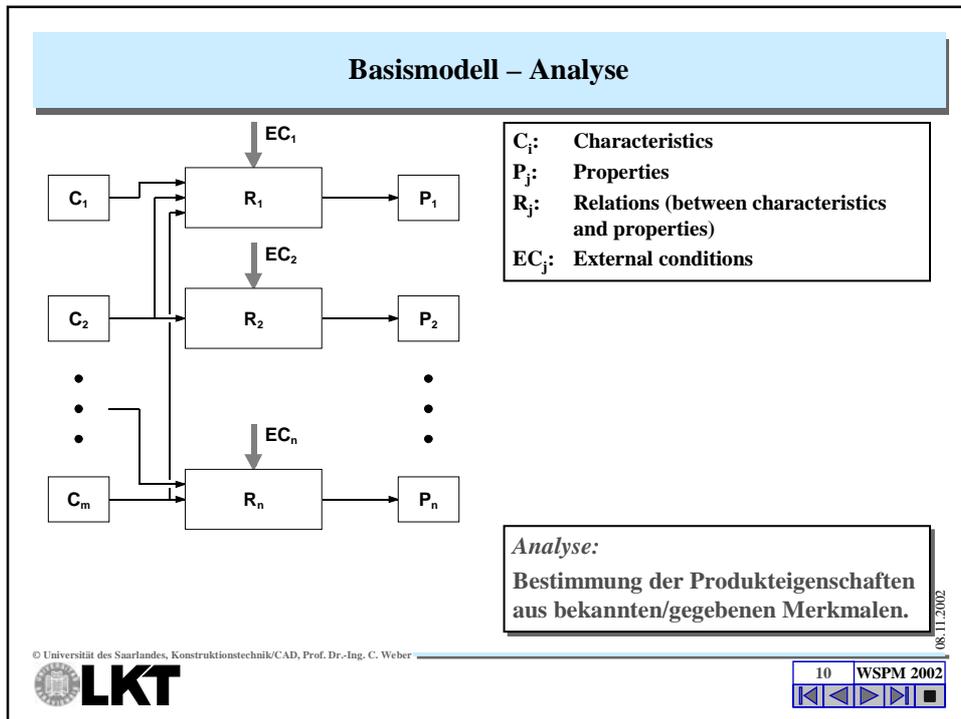
Dr.-Ing. C. Weber

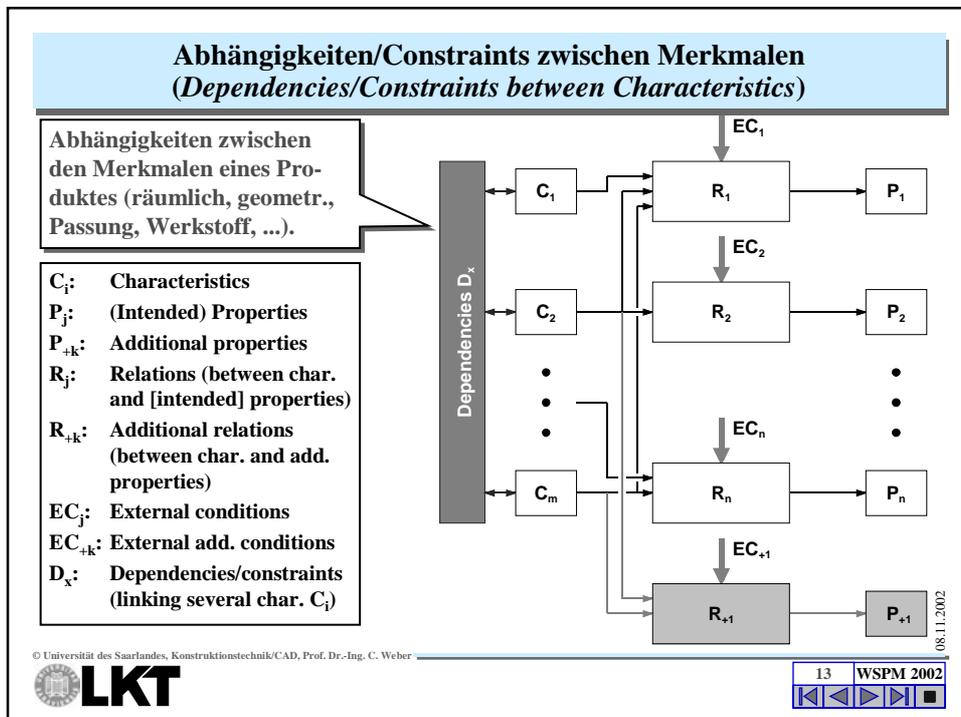
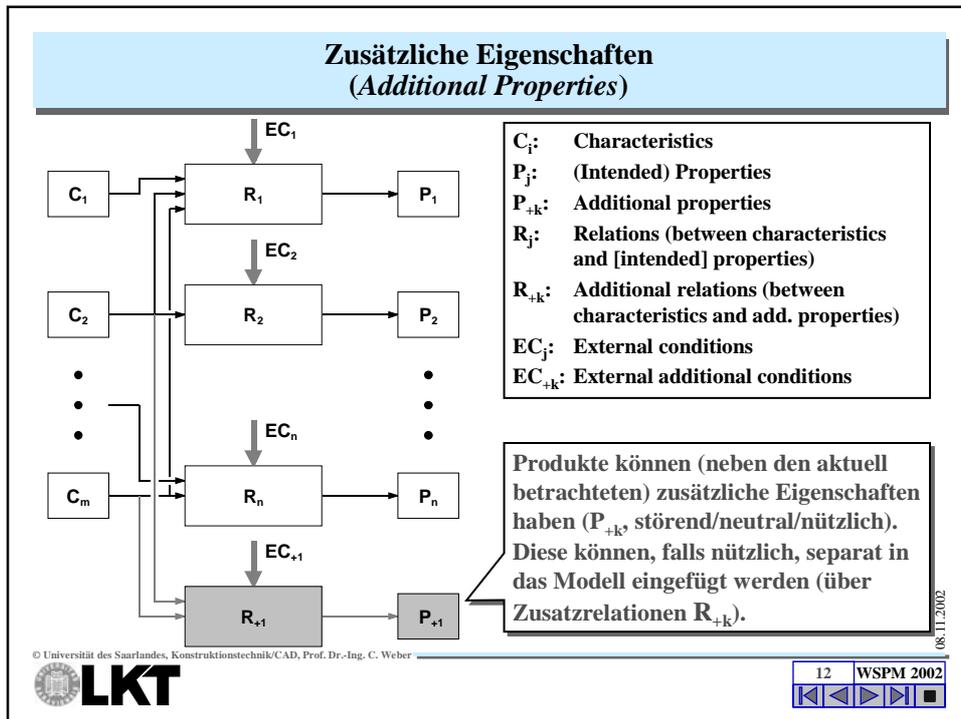


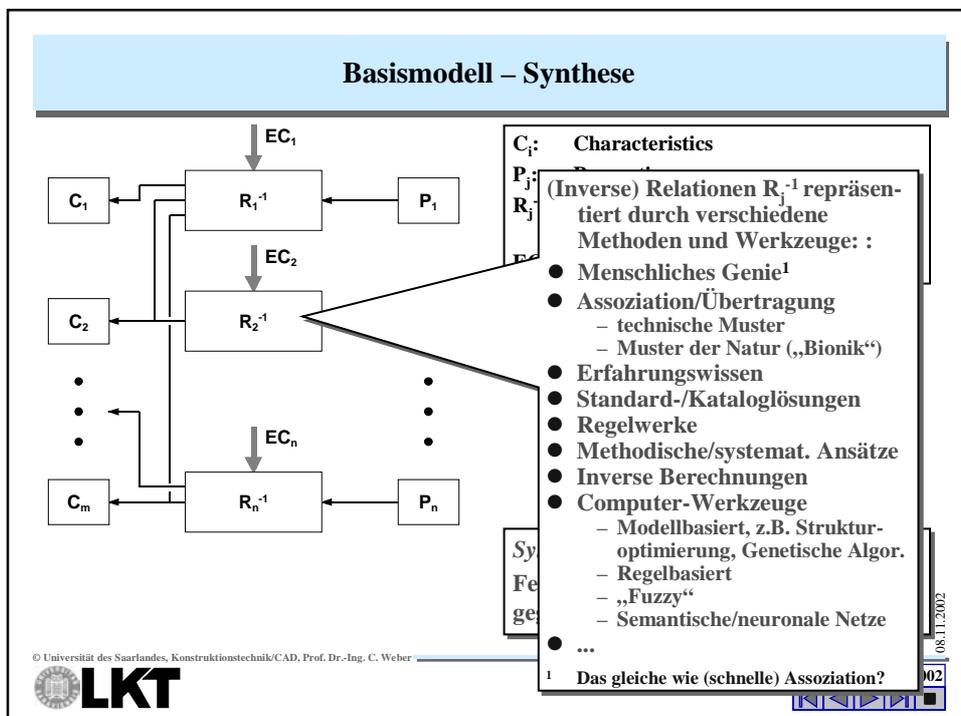
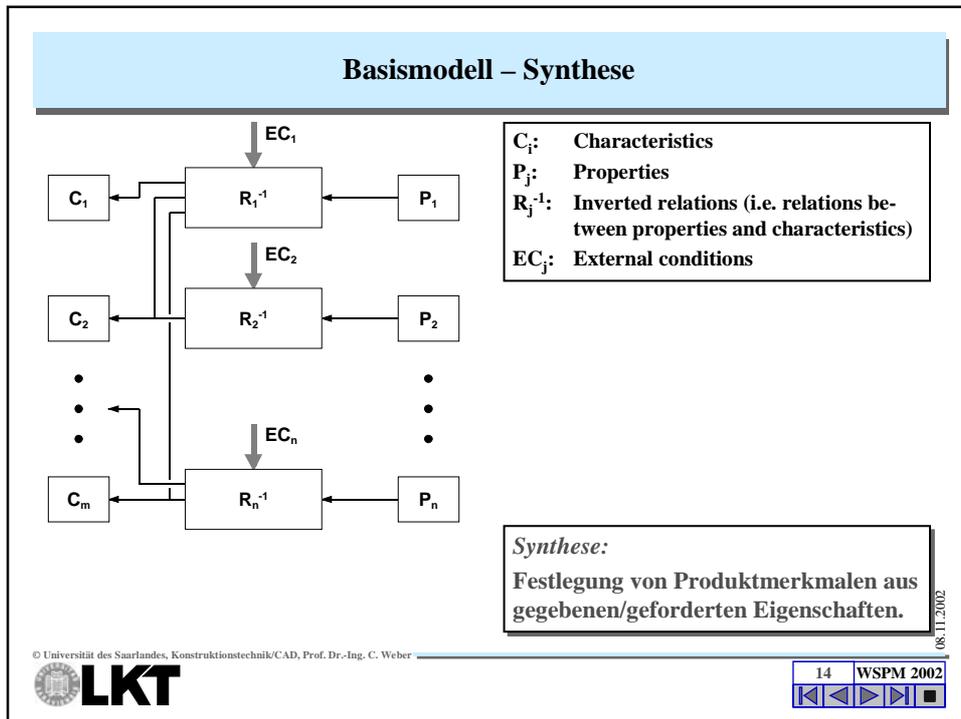
08.11.2002

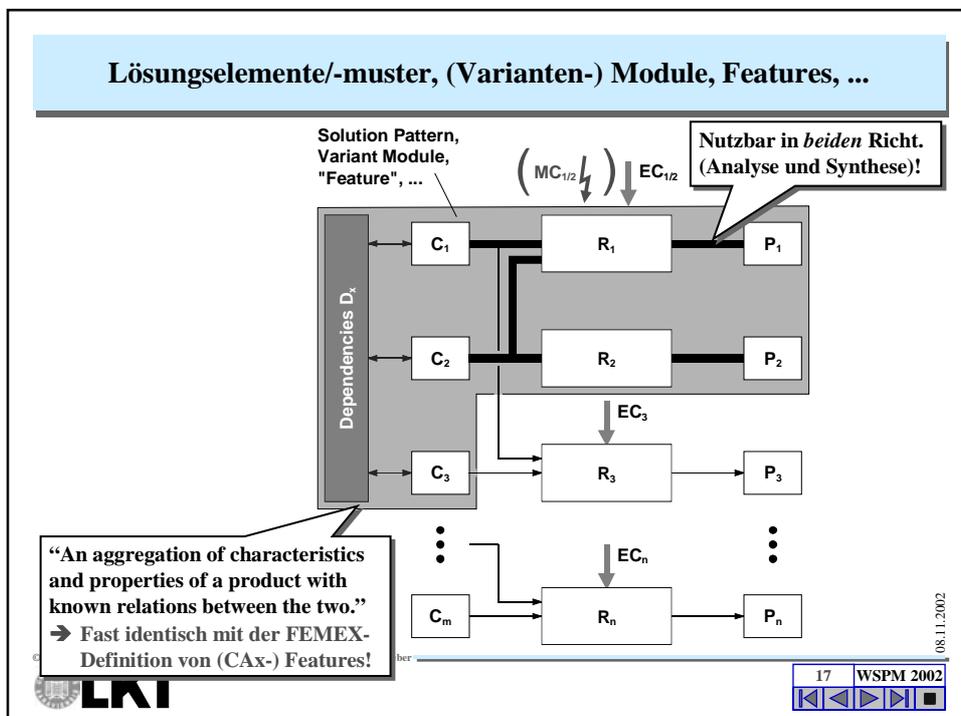
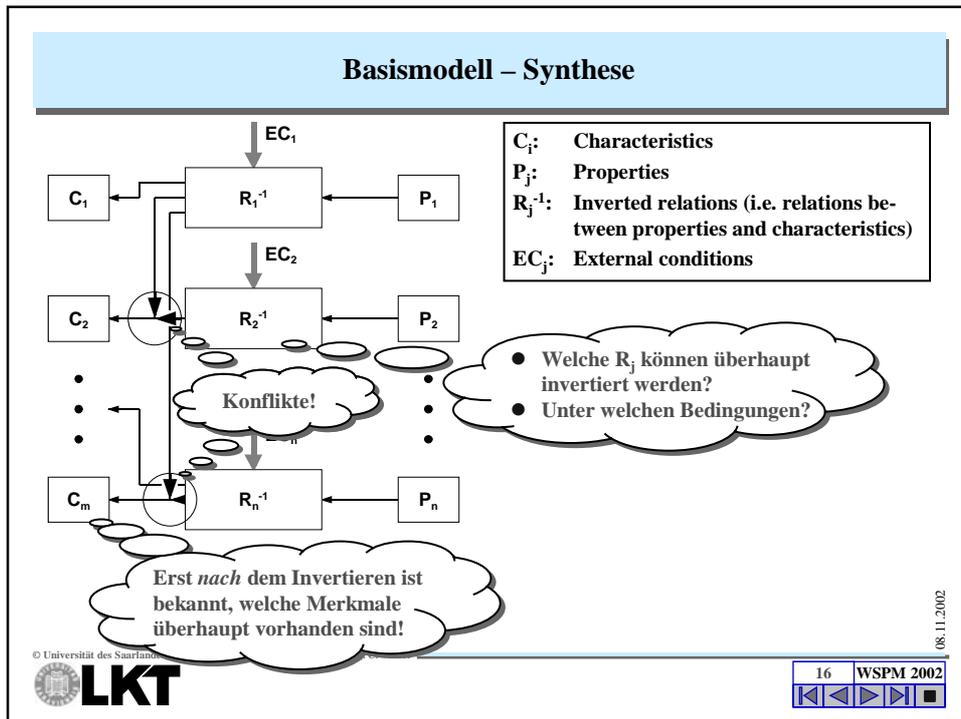
02

◀ ▶ ⏪ ⏩ ■









## Produktentwicklungsprozeß, „Property-Driven Development (PDD)“ – Regeln –

- 1 Erstelle eine strukturierte Liste der geforderten Eigenschaften (→ „Soll-Eigenschaften“, „Required Properties“).  
Im Fall Anpassungs-/Variantenentwicklung:
- (2) Erstelle eine Liste der Merkmale, die von Anfang an „gesetzt“ sind, sowie der dadurch vorgegebenen Eigenschaften.
- 3 Starte mit Eigenschaft(en), die noch nicht (zufriedenstell.) erfüllt ist/sind, und versuche, (wenigstens einige) Merkmale einer Lösung zu finden.
- 4 Analysiere, in welcher Weise die bisher festgelegten Merkmale andere, im Extremfall alle Eigenschaften beeinflussen (→ „Ist-Eigenschaften“).
- 5 Vergleiche „Soll-“ gegenüber „Ist-Eigenschaften“ (→ noch bestehende Defizite des aktuellen Lösungsstandes, Hinweise für die Weiterführung des Prozesses).
- 6 Wiederhole Punkte 3 bis 5, bis die Terminierungsbedingungen erfüllt sind (siehe nächste Folie).

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Produktentwicklungsprozeß, „Property-Driven Development“ – Terminierungsbedingungen –

Der Produktentwicklungsprozeß ist beendet,

- wenn alle Merkmale, die zur Herstellung des Produktes benötigt werden, definiert sind ( $C_i$ ),
- wenn alle (relevanten) Eigenschaften ermittelt/vorhergesagt werden können ( $P_j$ ),
- und zwar mit ausreichender Sicherheit und Genauigkeit, und
- wenn die ermittelten/vorhergesagten Eigenschaften „hinreichend gut“ den geforderten Eigenschaften entsprechen ( $\Delta P_j \rightarrow 0$ ).

In der Praxis: Häufig Varianten-/Anpassungsentwicklung

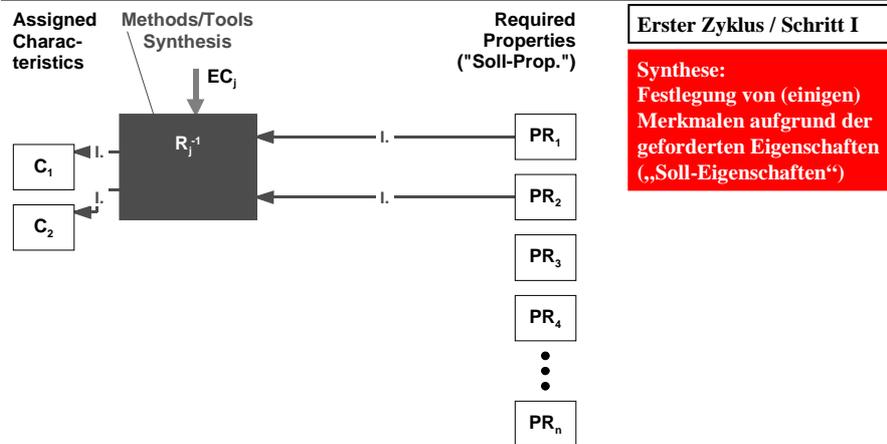
- Dabei startet der Prozeß später, weil von Anfang an bereits viele Merkmale und Eigenschaften (!) „gesetzt“ sind.
- Ansonsten sind Vorgehen und Terminierungsbedingungen identisch.

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

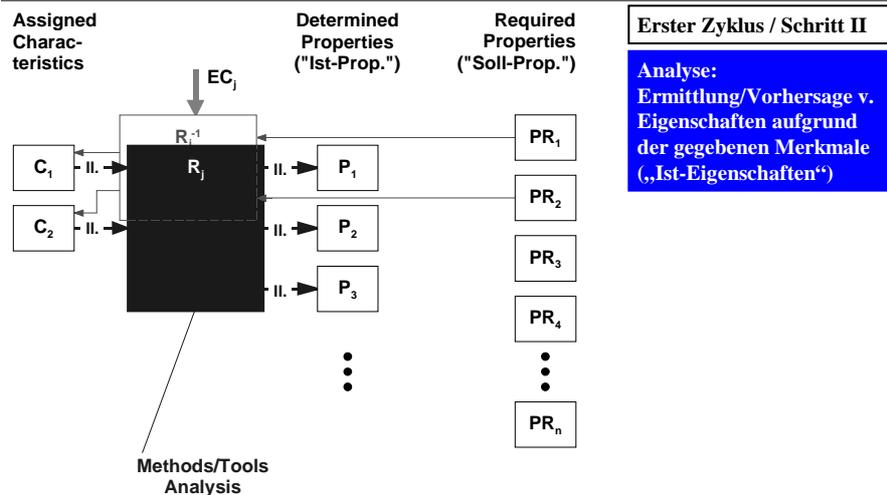
## Ablauf Produktentwicklungsprozeß / „Property-Driven Development“ – Schema und Steuerung (1) –



© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



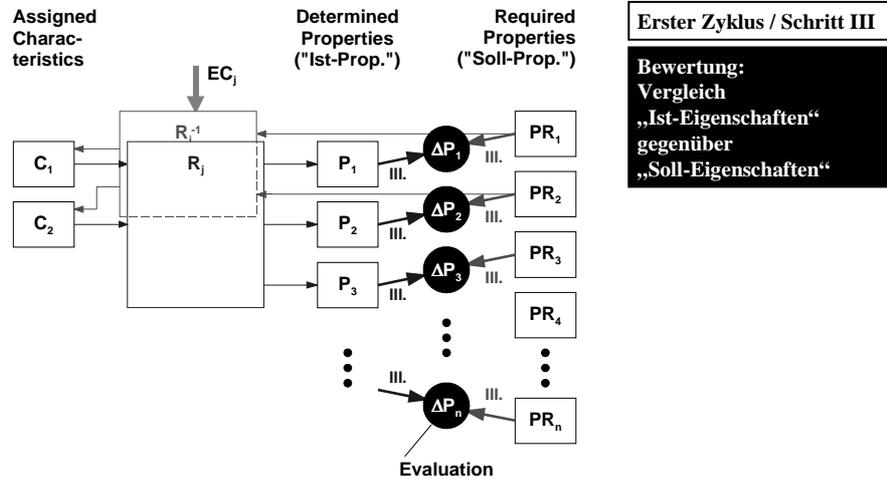
## Ablauf Produktentwicklungsprozeß / „Property-Driven Development“ – Schema und Steuerung (2) –



© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



## Ablauf Produktentwicklungsprozeß / „Property-Driven Development“ – Schema und Steuerung (3) –

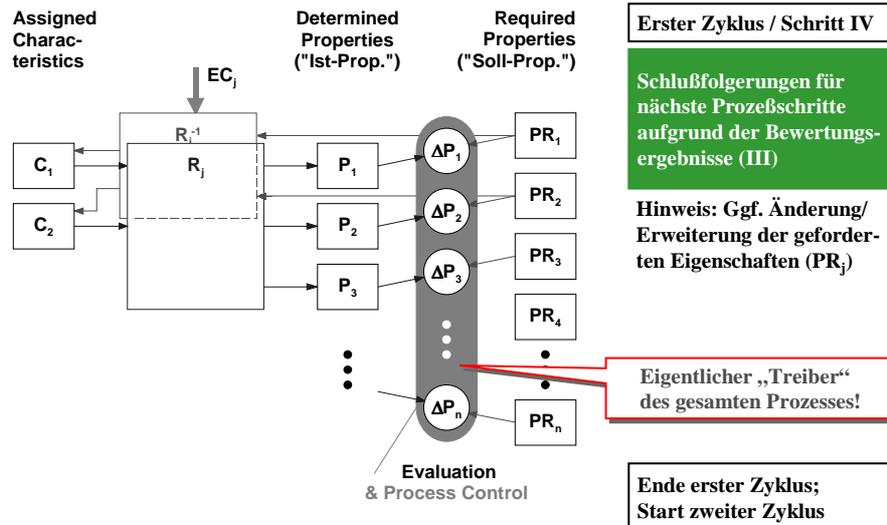


© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Ablauf Produktentwicklungsprozeß / „Property-Driven Development“ – Schema und Steuerung (4) –

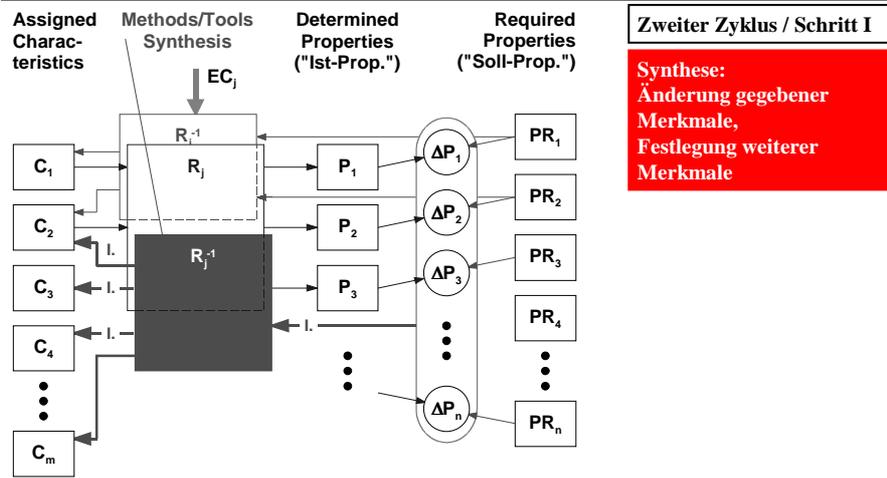


© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Ablauf Produktentwicklungsprozeß / „Property-Driven Development“ – Schema und Steuerung (5) –

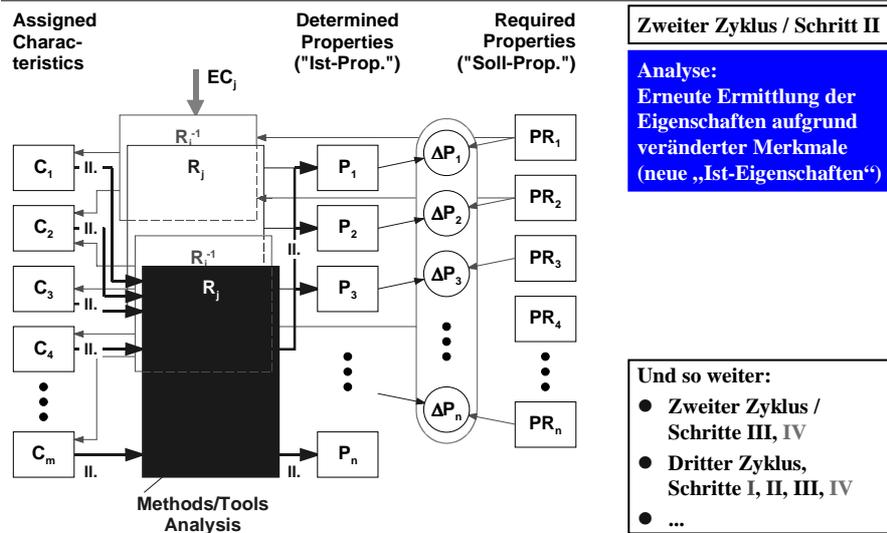


© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Ablauf Produktentwicklungsprozeß / „Property-Driven Development“ – Schema und Steuerung (6) –



© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Produktmodelle/-modellierung mit Rechnerunterstützung (1)

- **Speicherung, Dokumentierung, Auffinden von**
  - früheren Produktmodellen,
  - vordefinierten/früheren Lösungsmustern,
  - vordefinierten/früheren Prozessen/Prozeßmodellen.
- **Nutzung der Informationen für**
  - aktuelle/zukünftige Analyseschritte,
  - aktuelle/zukünftige Syntheseschritte,
  - Prozeßverbesserung.
- **Fragen:**
  - Was ist heute möglich?
  - Können existierende Lösungen bereits alle Anforderungen *der Produktentwicklung* befriedigen?
  - Entwicklungstrends, -wünsche?
  - Kann der hier vorgestellte neue Ansatz zur Modellierung von Produkten und Prozessen neue Ideen geben?

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



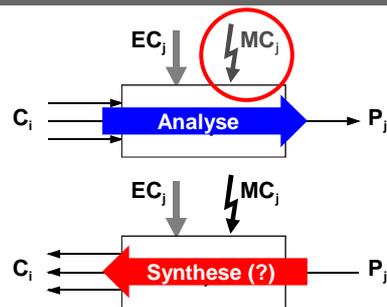
08.11.2002

## Produktmodelle/-modellierung mit Rechnerunterstützung (2)

- Ziel ist es, die produktbeschreibenden Merkmale ( $C_i$ ) und die Eigenschaften ( $P_j$ , Verhalten) des Produktes sowie die Relationen dazwischen im Rechner abzubilden.
- Analyse: Ermittlung von Eigenschaften aus Merkmalen („klassische“ Berechn./Simul.).
- Modellierung *aller* (relevanten) Eigenschaften → vollständig „virtuelles Produkt“.
- Aber: Zur Interpretation und Bewertung der Resultate müssen die Modellierungsbedingungen ( $MC_j$ ) berücksichtigt werden!

Weitere Fragen:

- **Synthese** (= inverses Problem, Festlegung von Merkmalen aus Eigenschaften),  
– *wirklich möglich mit dem Rechner?*
- **Digitales Produktmodell**  
– *welche Bestandteile?*



$C_i$ :	Characteristics
$P_j$ :	Properties
$R_j$ :	(Models of?) Relations (betw. character. and properties)
$EC_j$ :	External conditions
$MC_j$ :	Modelling conditions

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber

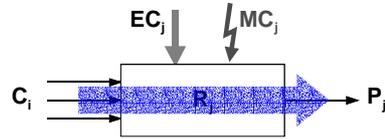


08.11.2002

## Produktmodelle/-modellierung mit Rechnerunterstützung (3)

### Analyseprogramme/-systeme:

- Dienen der Ermittlung/Vorhersage von Produkteigenschaften ausgehend von den aktuell bekannten Produktmerkmalen („Eigenschaftsmodellierer“).
- Liefern in der Regel Ergebnisse schneller als Experimente.
- Sind auf vielen Gebieten genauer als traditionelle vereinfachte Berechnungs-/Simulationsmethoden.
- Für gleiche Eigenschaften können je nach Entwicklungsphase mehrere unterschiedliche Werkzeuge erforderlich sein (frühe Phase = wenige Merkmale, späte Phase = viele Merkmale)!
- Können Erfahrungswissen ersetzen, da sie unabhängig von Personen und auch bei völlig neuen Fragestellungen noch verwendbar sind.<sup>1</sup>

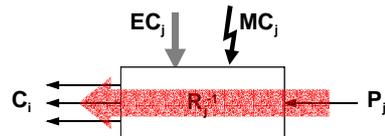


<sup>1</sup> Allerdings: Erfahrungswissen ist wahrscheinlich meistens die schnellste Lösung!

## Produktmodelle/-modellierung mit Rechnerunterstützung (3)

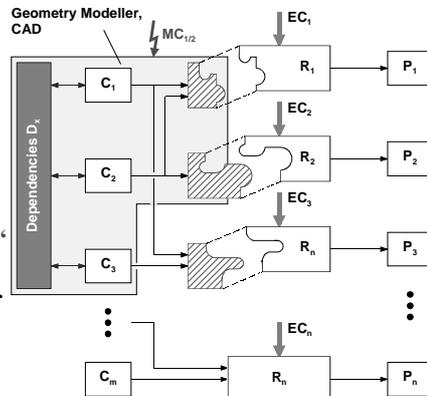
### Syntheseprogramme/-systeme:

- Müßten Produktmerkmale einer nicht bekannten Lösung selbständig festlegen.
- Sind heute allenfalls mit Strukturoptimierern oder Genetischen Algorithmen darstellbar – aber auch hier nur mit vorgegebener Startlösung.
- „Inverse Berechnungen“ lassen sich recht einfach in Software umsetzen, setzen aber einen vollständig bekannten und umkehrbaren Zusammenhang zwischen den Merkmalen und den Eigenschaften eines Produktes voraus und können daher grundsätzlich keine neuen konstruktiven Lösungen erzeugen (reine Variantenkonstruktion).
- Lösungskataloge und methodische/systematische Ansätze, umgesetzt in Software, können die Tätigkeit des menschlichen Produktentwicklers/Konstrukteurs *unterstützen* (digitale Lösungsspeicher, Konstruktionsleitsysteme, ...), jedoch nicht selbst Lösungen ermitteln.



## Systeme für den Entwurf (CAD) – Einordnung (1) –

- CAD-Systeme sind die am weitesten verbreitete CAx-Komponente.
- CAD-Systeme erfassen
  - Geometrie,
  - Produktstruktur,
  - geometrische Abhängigkeiten/Constraints („Parametrik“),
 also Merkmale des Produktes.
- Sie sind keine „Eigenschaftsmodellierer“ (Analysewerkzeuge) im strengen Sinne!
- Geometrische Merkmale sind jedoch für sehr viele andere Eigenschaften wichtig (z.B. Funktion, Festigkeit/StEIFigkeit, Ergonomie, Ästhetik, Bauraum, ...).
- Eine Abtrennung der Funktionen zur Geometriemodellierung und Übertragung an eine spezialisierte Komponente – das CAD-System – erscheint daher sinnvoll.
- Jedoch: Die eigentlichen „Eigenschaftsmodellierer“ benötigen in der Regel jeweils unterschiedliche Teilaspekte der Geometrie (unterschiedl. Sichten auf die Geom.).



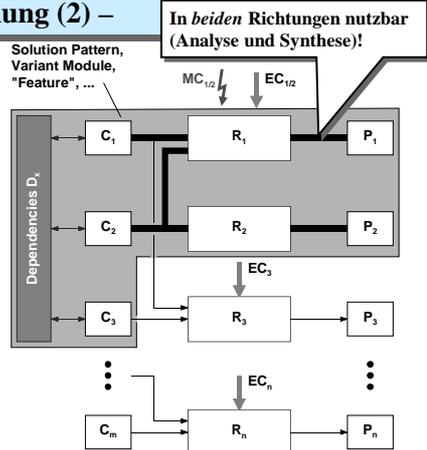
© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für den Entwurf (CAD) – Einordnung (2) –

- CAD kann die Synthese nur unterstützen
  - für eine bestimmte Klasse von Produkten oder Elementen,
  - wenn die Zusammenhänge zwischen den relevanten Eigenschaften und den (geometrischen) Merkmalen bekannt sind
  - und dazu herangezogen werden, um die Geometrieerstellung durch das CAD-System zu automatisieren.
- Lösungselemente/Lösungsmuster im CAD-System abbildbar durch
  - Variantenprogrammierung,
  - Nutzung der Parametrik,
  - Feature-Bibliotheken, Feature-basiertes Modellieren
- auf Element- und/oder Produktebene.



© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für den Entwurf (CAD) – Schlußfolgerungen für die weitere Entwicklung –

- CAD ist und bleibt Träger des „geometrischen Mastermodells“, gerade deshalb wird sich der Trend zu 3D verstärken.
- CAT (Computer-Aided Tolerancing) ist besser in CAD zu integrieren.
- Neben Geometriemerkmale (einschließlich Toleranzinformationen) sind Merkmale wie Oberflächen- und Werkstoffangaben zu verwalten.
- CAD-Systeme müssen sich vor allem als Lieferanten von spezifischen (geometrischen) Teilmodellen für andere CAx Systeme verstehen.
- Parametrik wichtig und weiterzuentwickeln für
  - die Abbildung von Abhängigkeiten zwischen Merkmalen ( $D_x$ ),
  - die Erfassung und Nutzung von Features,
  - Synthesebausteine im Rahmen der CAD-Variantenkonstruktion.
- Jedoch:
  - Verwaltung Produktstrukturen und
  - Abbildung teileübergreifender Abhängigkeiten (teileübergr. Parametrik)
 eher in PDM/PLM zu verlagern.

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber

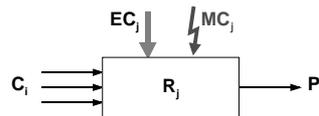


08.11.2002

## Systeme für Berechnung und Simulation (CAE) – Einordnung (1) –

Analyse:

- Idealtypus des „Eigenschaftsmodellierers“:  
In Abhängigkeit von gegebenen Produktmerkmalen ( $C_i$ ) werden Eigenschaften ( $P_j$ ) berechnet/simuliert, z.B.



- Festigkeit und Steifigkeit → FEM,
- Funktionseigenschaften unter geometrischer Abweichung → CAT),
- Strömungsverhalten → CFD,
- dynamisches Verhalten komplexer Systeme → MKS,
- Fertigungsgerechtheit (Füll-, Erstarrungs-, Ur-, Umformsimulation),
- Herstellkostenberechnung auf Arbeitsplan-Basis (CAPP),
- Platzbedarf, Freigängigkeit, Montierbarkeit, Serviceeigenschaften → DMU.
- Neue Lösungen für bisher nicht abbildbare Eigenschaften (z.B. Ästhetik, Universität Kaiserslautern).
- Nachrechnungs- und Nachweisprogramme auf der Basis „konventioneller“ Berechnungen (z.B. ME, unternehmensspezifische Module) nicht vernachlässigen – sind im allgemeinen sehr speziell, aber äußerst effizient!

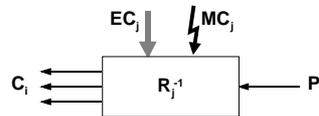
© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für Berechnung und Simulation (CAE) – Einordnung (2) –

Synthese:



Direkt nur dann möglich, wenn

- Zusammenhänge ( $R_j$ ) zwischen Merkmalen ( $C_i$ ) und Eigenschaften ( $P_j$ ) eindeutig bestimmt sind

und

- umkehrbar sind.



Falls nein:  
Lösung durch iterative Strategien  
(Wechsel Analyse/Synthese  
→ Optimierungsproblem) möglich.



Falls nein:  
Zusätzliche Vorgaben erforderlich  
(= Festlegung von Merkmalen),  
z.B. durch Benutzer, Erfahrung, ...

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für Berechnung und Simulation (CAE) – Schlußfolgerungen für die weitere Entwicklung –

- Für jedes Werkzeug klare Ausrichtung auf und Angaben über
  - ermittelbare Eigenschaften ( $P_j$ ),
  - benötigte Merkmale ( $C_i$  – wie viele und welche?),
  - äußere Bedingungen ( $EC_j$ ) und Modellierungsbedingungen ( $MC_j$ ).
- Skepsis gegenüber „Universalmodellierern“, weil eine effiziente Ermittlung von Eigenschaften abhängig ist von
  - Produktklasse,
  - Unternehmen,
  - Entwicklungsphase (früh = wenige Merkmale, spät = viele Merkmale).
- Für gleiche Eigenschaften je nach Entwicklungsphase (früh/spät) mehrere unterschiedliche Werkzeuge erforderlich!
- Entwicklungsschwerpunkt muß auf möglichst vielen speziellen Werkzeugen und deren optimaler Anpaßbarkeit/Integrationsfähigkeit liegen.
- Systematisches Füllen „weißer Felder“ auf der Landkarte → neue Berechnungs-/Simulationssysteme für bisher nicht erfaßte Eigenschaften.
- Potential semantischer/neuronaler Netze prüfen (als Alternative zur modellbasierten Simulation, u.U. leichter umkehrbar für die Synthese)!

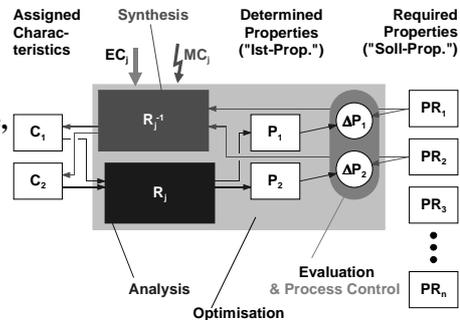
© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für die Optimierung (CAO) – Einordnung –

- CAO-Systeme seit einigen Jahren für die Praxis interessant (Struktur- und Strömungsoptimierung).
- Interessant: Hauptzweck Synthese, d.h. Festlegung von Merkmalen ( $C_i$ ) aufgrund vorgegebener/ geforderter Eigenschaften ( $P_i$ ).
- Wie bei der Produktentwicklung insgesamt Zyklus aus
  - Analyse,
  - Synthese,
  - Bewertung,
  - Schlußfolgerungen/Steuerung weiterer Zyklen.
- Startlösung erforderlich.
- Meist nur Optimierung einer einzelnen Eigenschaft.
- Zielkonflikte ungelöst (z.B. Fertigungsgerechtigkeit der ermittelten Lösung).



© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für die Optimierung (CAO) – Schlußfolgerungen für die weitere Entwicklung –

- Klare Angaben erforderlich über
  - gewünschte/geforderte Eigenschaften ( $PR_i$ ),
  - beeinflussbare Merkmale ( $C_i$ ),
  - äußere Bedingungen ( $EC_i$ ) und Modellierungsbedingungen ( $MC_i$ ).
- Transparenz der Schlußfolgerungen und des Prozeßverlaufes/ der Prozeßsteuerung.
- Systematisches Füllen „weißer Felder“ auf der Landkarte → neue Optimierungssysteme für bisher nicht erfaßte Eigenschaften.
- Ungelöstes Problem: Multikriterielle Optimierung (im Extremfall „pankriteriell“).
- Ansatz zur Bewältigung von Zielkonflikten (?):
  - „Meta-Optimierungssystem“ zur Koordinierung und Steuerung
  - mehrerer unabhängiger Optimierungssysteme für verschiedene Eigenschaften
  - gemäß einer Gesamt-Rangfolge der gewünschten/geforderten Eigenschaften.

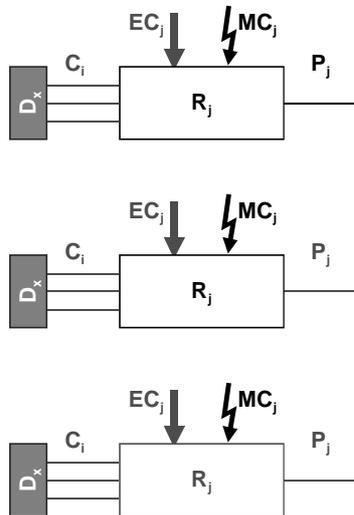
© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

### Bestandteile Produktmodell (1)

Problem hier immer noch:  
Modellierungsbedingungen  
(MC<sub>j</sub>) nicht erfaßt!



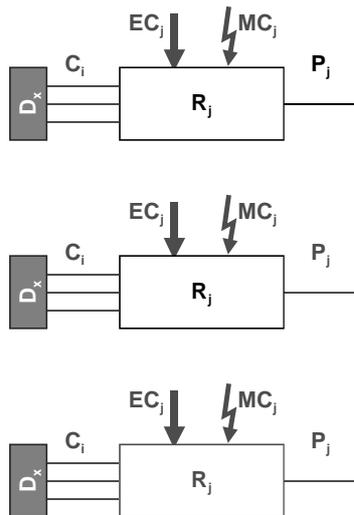
- $C_i$  (&  $D_{xi}$ ) &  $EC_j$   
→ **Wissenschaftliche Antwort**  
(„alles andere ist abzuleiten“)
- $C_i$  (&  $D_{xi}$ ) &  $EC_j$  &  $P_j$   
→ **Praktische Antwort**  
(„schneller Zugriff auf Wichtiges“)
- $C_i$  (&  $D_{xi}$ ) &  $R_j$  &  $EC_j$  &  $P_j$   
→ **Antwort im Sinne der Produkthaftung?**

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



### Bestandteile Produktmodell (2)

Entstehungsprozeß der  
 $C_i$ ,  $P_j$  etc. („History“)  
noch nicht erfaßt!



- $C_i$  (&  $D_{xi}$ ) &  $EC_j$  &  $MC_j$   
→ **Korrekte „Minimallösung“** bei  
Nutzung digit. Produktmodelle?
- $C_i$  (&  $D_{xi}$ ) &  $EC_j$  &  $MC_j$  &  $P_j$   
→ **Praktische Antwort** bei Nutzung  
digitaler Produktmodelle?
- ...
- $C_i$  (&  $D_{xi}$ ) &  $R_j$  &  $EC_j$  &  $MC_j$  &  $P_j$   
→ **Lieber alles aufheben**  
– man weiß ja nie ...

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



## Systeme für das Daten- und Prozeßmanagement – Übersicht (1) –

### Product Data Management (PDM):

- „PDM ist das Management von produktdefinierenden Daten ... in Verbindung mit der Abbildung und dem Management von technischen/organisatorischen Geschäftsprozessen ...  
Produkt- und Prozeßmanagement zusammen erlauben die lückenlose Rekonfiguration beliebiger Konstruktions- und Fertigungsstände über den gesamten Produktlebenszyklus.“<sup>1</sup>
- Funktionen/Ausbaustufen:<sup>1</sup>
  - Produktdaten- und Dokumentenmanagement
  - Prozeßmanagement
  - Projektmanagement
  - Konfigurationsmanagement
- Zunehmende Bedeutung in Unternehmen als „Master-System“ für die Verwaltung und Steuerung aller technischen Produkt- und Prozessdaten
- Intelligente Vermittlungsinstanz zwischen CAx-Komponenten.
- Datenübergabe an ERP.

<sup>1</sup> [Eigner/Stelzer: Produktdatenmanagement-Systeme, 2001]

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für das Daten- und Prozeßmanagement – Übersicht (2) –

### Product Life-Cycle Management (PLM):

- Erweiterung des PDM-Begriffes um<sup>1</sup>
  - Life-Cycle Management (im engeren Sinne!),
  - Requirement Traceability Management (RTM, Anforderungsmanagement und -verfolgung),
  - Engineering Warehouse,
  - Supply Chain Management (SCM),
  - Engineering Collaboration,
  - E-Commerce.
- Relativ neu, erst im Aufbau.

<sup>1</sup> [Eigner/Stelzer: Produktdatenmanagement-Systeme, 2001]

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Systeme für das Daten- und Prozeßmanagement – Probleme –

- **Verwaltete Produktdaten (PDM)**
  - bieten zu wenig Hintergrundinformationen,
  - sind zu statisch.
- **Einbringen entsprechender Informationen**
  - erfordert umfangreiche Zusatzeingaben („Masken“),
  - gilt als mühsam, einengend und insgesamt zu wenig ergiebig für die Produktentwicklung selbst.
- **Prozeßmodelle (PDM und – soweit festliegend – PLM) sind für den Entwicklungsprozeß**
  - zu unflexibel,
  - nicht ausreichend aufgelöst.

Schlußfolgerungen und weitere Überlegungen zu PDM und PLM:

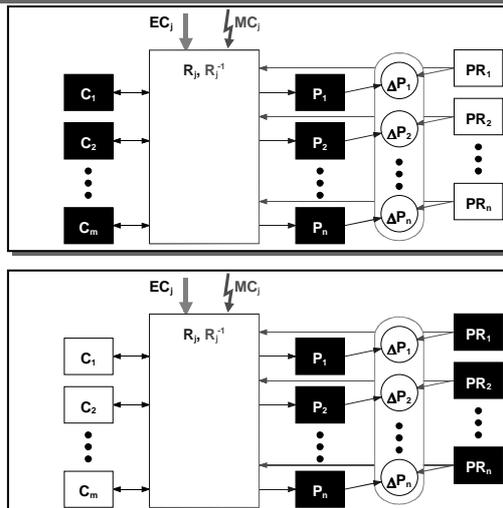
- **Aufbauend auf dem hier präsentierten neuen Ansatz zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen auf den folgenden Folien!**

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



## Von PDM zu PLM – Unterstützung der Produkt- und Prozeßmodellierung (1) –

- **Darstellung aller relevanten Eigenschaften ( $P_j$ ) und Merkmale ( $C_i$ )**
- **mit klarer Unterscheidung zwischen Eigenschaften und Merkmalen.**
- **Unterscheidung zwischen ermittelten/vorhergesagten Eigenschaften ( $P_j$ ) und geforderten Eigenschaften ( $PR_j$ ).**

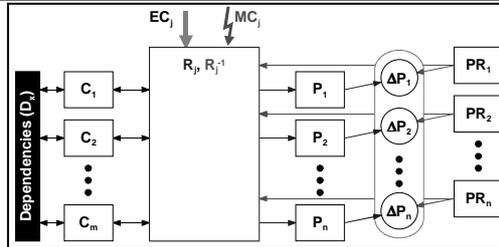


© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber

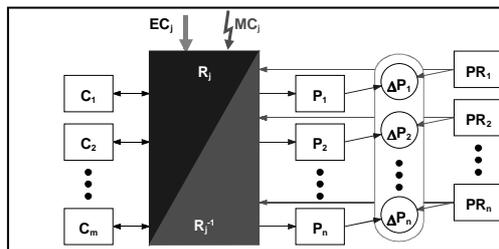


## Von PDM zu PLM – Unterstützung der Produkt- und Prozeßmodellierung (2) –

- Verwaltung eines Teiles der Abhängigkeiten ( $D_x$ ) zwischen Merkmalen (z.B. bauteilübergreifende Parametrik).



- Verwaltung der Werkzeuge/Programme, welche die Beziehungen ( $R_j, R_j^{-1}$ ) zwischen den Merkmalen und den verschiedenen Eigenschaften modellieren.



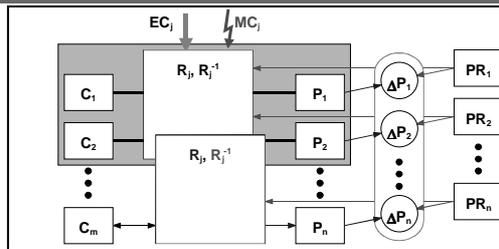
© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



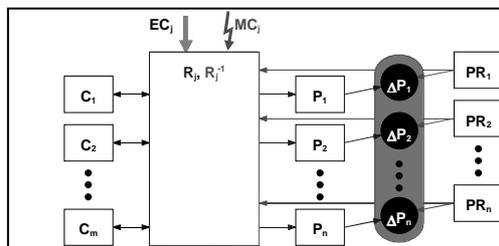
08.11.2002

## Von PDM zu PLM – Unterstützung der Produkt- und Prozeßmodellierung (3) –

- Verwaltung von Lösungsmustern (= bekannte Zusammenhänge Merkmale-Relationen-Eigenschaften) zur Wiederverwendung.



- Steuerung des Entwicklungsprozesses durch Bewertung und Schlußfolgerung aus der aktuellen Differenz zwischen vorhergesagten (Ist-) und geforderten (Soll-) Eigensch.
- ➔ „Liste offener Probleme“.



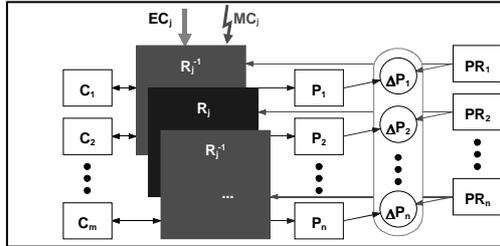
© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

**Von PDM zu PLM**  
 – Unterstützung der Produkt- und Prozeßmodellierung (4) –

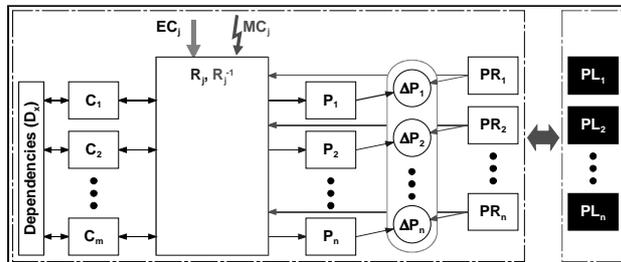
- Hilfe bei der Identifizierung von „Konstruktionsfreiheitsgraden“ aufgrund bekannter Beziehungen zwischen Merkmalen und Eigenschaften.
- Verfolgung der aufeinander folgenden Zyklen aus Synthese / Analyse / Bewertung / Schlußfolgerung über den (gesamten?) Prozeß.



- Integration der genutzten CAx-Komponenten.
- Verbesserung Simultaneous Engineering und kooperatives Entwickeln.
- Dokumentation des Produktentwicklungsprozesses.

**Von PDM zu PLM**  
 – Weiterführende Ideen –

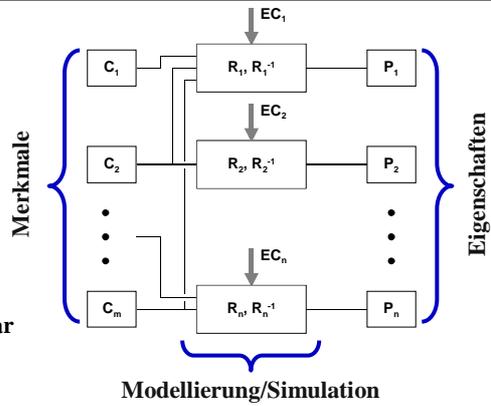
- Aufnahme von tatsächlich (bei der Nutzung) im Lebenszyklus festgestellten Eigenschaften ( $PL_i$ ) in das Produktmodell
- Vergleich mit den ursprünglich geforderten Eigenschaften ( $PR_j$ )
  - für Pflegemaßnahmen des aktuellen Produktes,
  - zur Modifizierung/Verbesserung zukünftiger Entwicklungsprozesse,
  - zur Überprüfung/Korrektur der Aussagen der eingesetzten Methoden/ Werkzeuge.



## Ansatzpunkte für die praktische Umsetzung (1)

### 1. Produktmodell

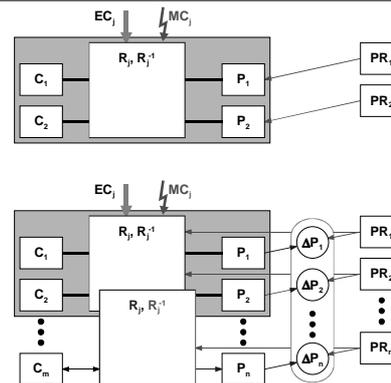
- Welche Merkmale?
- Struktur?
- (Arten von) Abhängigkeiten zwischen Merkmalen?
- Welche Eigenschaften?
- Struktur? Gewichtung?
- Beziehungen zwischen Merkmalen und Eigenschaften?
- Wodurch realisiert/realisierbar (Menschen, Tabellen, Regelwerke, Rechner, ...)?
- Welche Werkzeuge sind vorhanden, welche fehlen?



## Ansatzpunkte für die praktische Umsetzung (2)

### 2. Prozeßmodell

- Welche Lösungsmuster sind a priori vorgegeben?
- Mit welchen Merkmalen, Eigenschaften, Beziehungen?
- Welche Eigenschaften werden im Prozeß als erste betrachtet, welche Merkmale zuerst fixiert?
- Abfolge der weiteren Analyse- und Syntheseschritte?
- Eingesetzte Methoden/Werkzeuge?
- Prozeßsteuerung?
- Flexibles/dynamisches Prozeßmodell?
- Wer ist zuständig?
- Was läßt sich parallelisieren?
- Dokumentation und Nachvollziehbarkeit (auch der Zwischenschritte)?



## Ansatzpunkte für die praktische Umsetzung (3)

### 3. Informationstechnik

- Welche Systeme erfassen welche Merkmale und Eigenschaften (CAD, PDM, ...)?
- Merkmale und Eigenschaften getrennt?
- Unterschiedliche Sichten auf geometrische Merkmale realisiert? Zugriffe einfach möglich?
- Redundanzfreiheit bzw. („dynamische“) Konsistenzsicherung?
- (Durchgängiges) Produktmodellkonzept? Was wird überhaupt erfaßt? Programmtechnische Realisierung?
- Systeme für die Analyse (z.B. CAE)? Welche Basis (modellbasiert, regelbasiert, „fuzzy“, semantische/neuronale Netze)? Programmtechnische Realisierung?
- Systeme für die Synthese? Auf der Basis welcher Lösungsmuster? Programmtechnische Realisierung (Varianten, Features, Zulieferer, ...)?
- Wo sind Menschen für Analyse und/oder Synthese unverzichtbar?
- Prozeßsteuerung anhand welcher Eigenschaften?
- Erfassung und Dokumentation der Prozesse? Nachvollziehbarkeit?

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Zusammenfassung und Ausblick

### Zusammenfassung:

- Vorstellung eines neuen Ansatzes zur Modellierung von Produkten und Produktentwicklungsprozessen („Property-Driven Development“).
- Daraus
  - Überlegungen zu Analyse- und Synthesewerkzeugen sowie
  - Überlegungen zur Prozeßführung/steuerung mit Rechnerunterstützung
- als Leitlinie für die weitere Entwicklung und die Praxiseinführung.
- Erste Implementierungen eines („vollständig expliziten“) Produktmodells sowie eines Programmprototypen mit semantischem Netz.<sup>1</sup>

### Ausblick:

- Entwicklung von detaillierteren Konzepten für die Prozeßmodellierung.
- Neubetrachtung der Implementierung (des Produkt- und Prozeßmodells).
- Integration kommerzieller Softwarekomponenten.
- Industrielle Anwendungsmöglichkeiten zur Verifizierung.
- Arbeiten an einem Buch zum theoretischen Hintergrund von PDD.

<sup>1</sup> Objektorientiertes Programmsystem *Ligo* (hier nicht dargestellt).

© Universität des Saarlandes, Konstruktionstechnik/CAD, Prof. Dr.-Ing. C. Weber



08.11.2002

## Informationsmodellierung am Beispiel von DesMIT - Design/Manufacturing Integration Technology

Dr.-Ing. Rainer Ostermayer,  
DaimlerChrysler Forschung & Technologie, RIC/EP  
München, 17.10.2002

### Eingebrachte Kompetenzen



Hans-Jürgen Klose

Fachexperten für Bauteile (Mx)  
Konstruktionssystematik (TPK)  
Fertigung (TZ, TT)  
Rohteile, Beschaffung (TL)  
Kostenbewertung (Mx, TZ, TT, FS)  
IT-Belange (FI)

Nutzersicht (alle)



DAIMLERCHRYSLER  
Forschung & Technologie

Dr.-Ing Rainer Ostermayer

CATIA, Features  
Kostenbewertung  
Fertigungsprozesse  
Wissensmanagement  
Datenmodellierung  
Arbeitspsychologie

Lehrstuhl für Maschinenbau-  
informatik (Prof. Vajna)



Unigraphics, Features  
Kostenbewertung  
Fertigungsprozesse

## Team und Partner



DesMIT-Team		MTU: Beteiligte Center/Projekte/Gruppen			
<b>Projektleitung:</b>		TP	Produktgestaltung	<b>Karl-Heinz Nickel</b> TPKC	
Dr. Rainer Ostermayer	DC-RT, RIC/EP			<b>Hans-Jürgen Klose</b> TPKC	
Hans-Jürgen Klose	MTU, TPKC			Jürgen Stemp TPKC	
<b>Pate:</b>		TT	Rotor / Stator	<b>Georg Brater</b> TTPA	
Helmut-Armd Geidel	TPP / Leiter P&W Progr. A / MGE	MT	Markt, Produkte, Technologie	<b>Rene Starke</b> MTK	
<b>DC Forschung und Technologie: beteiligte Labs/Abteilungen</b>					
	Dr. Rainer Ostermayer	RIC/EP	TZ	Turbinenschaufeln	<b>Gerhard Grund</b> TZA
	Dietmar Frank	RIC/EP			<b>Klaus Gasparics</b> TZA
	Alexander Layer	RIC/EP	TL	Logistik / Einkauf	Hr. Sandau TLMB
	Senad Murtic	RIC/EP			E. Hellwig TL
	Florian Sarodnick	RIC/EP	FAI	Informationswirtschaft	<b>Norbert Vogel</b> FIE
	Dr. Hartmut Schulze	RIC/EP			
	Armin Roth	RIC/ED			
	Dr. Rüdiger Klein	RIC/EK	<b>Anwender</b>	Konstruktion	Gerd Lindner
	Helen Lehmhuis	RIC/EK		Konstruktion	Rudolf Stanka
<b>Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik, LMI Universität Magdeburg</b>					
	Dr. Michael Schabacker	LMI		Projektiertung	Herr Humhauser
	Rajko Schmidt	LMI		Konstruktion	Herrmann Becker
	Zsolt Marosváry	LMI		Konstruktion	Herr Pansi
	Prof. Vajna	LMI	<b>BKM</b>	Projektleiter	Becker, Rainer
			<b>ArtWork</b>	Projektleiter	Eberhard, Annette
					Norbert Vogel
					MPB
					FIE

## Inhalt



- Einleitung
- Ausgangssituation / Problemstellung
- Zielsetzung von DesMIT
- Anforderungen / Randbedingungen
- Stand der Technik
- Informationsbedarfsanalyse
- DesMIT-Modelle
- Zusammenfassung

## Ausgangssituation / Problemstellung



- Medienbrüche zwischen Produktentwicklung, -erstellung und -erhaltung
- Keine Visualisierung/Quantifizierung des Einflusses der Konstruktion auf die Kostenstruktur
- Keine durchgängige Transparenz der Kosten und Kostentreiber (Angebot, ..., Fertigung)
- Unvollständige Konservierung und Wiederverwendung des interdisziplinären Erfahrungswissens zur Entscheidungsunterstützung
- Keine Methodik zur Entscheidungsdocumentation

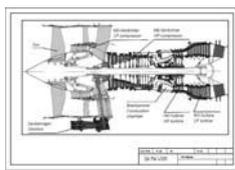


Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

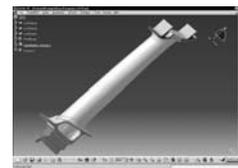
08.11.2002

5

## Zielsetzung



Arbeitsplan Laufschaufel 6			
AVO APL	Vorgang	APL-Zeit [Min]	Kosten ges. [€]
...	...	...	...
...	...	...	...
310	756151 Rüsten	0,21	1,37
320	756151 Schleifen-Flach	5,35	23,44
330	756200 Entgraten	8,02	18,54
...	...	...	...
...	...	...	...



### Zielsetzung

- Entwicklungs- und Herstellkosten mittels **Design to Cost** reduzieren
  - Realisierung einer "Reifenden" Kostenbewertung über die Produktlebensphasen Angebot, Definition, Konzept, Auslegung, Fertigung, ...
  - Transparentmachen von Kostentreibern für Entwickler unterschiedlicher Disziplinen
- Integration der Konstruktions- und Fertigungs-spezifischen Sichten
- Geometrisch-technologische Kostenbewertung

Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

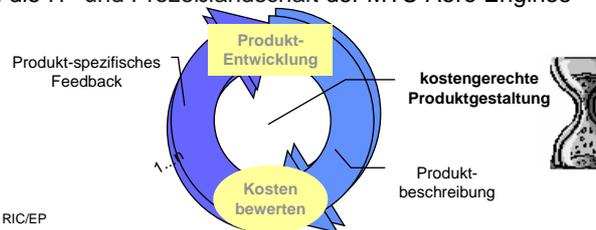
08.11.2002

6

## Resultierende Anforderungen



- Kostenbewertung in allen Phasen des Produktentwicklungsprozesses
- Durchgängigkeit des Kostenmodells => reife Kostenbewertung
- Unterstützung unterschiedlicher Rollen bei der Kostenbewertung
- Nachvollziehbarkeit der Kostenbewertung => Detaillierte und differenzierte Beschreibung der Kostenstruktur
- Einfache Pflege und Wartung des Kostenmodells und der Zusatzinformationen => dynamische Adaptivität: innovative Fertigungstechnologien, neue Maschinenkonzepte, angepasste Stundensätze, etc.
- Vergleich und Bewertung von Alternativen (Produktgestalt, Werkstoff, Fertigung, etc.)
- Integration in die IT- und Prozeßlandschaft der MTU Aero Engines



Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

08.11.2002 7

## Weitere Randbedingungen



### IP3E-Team

DesMIT unterstützt IP3E-Team

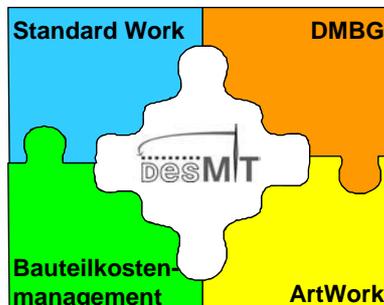


### CAX-Strategie

DesMIT konform mit **digitalem und parametrischem Produktmodell**

DesMIT unterstützt Teilprozesse zur Durchführung einer **Kostenbewertung**

DesMIT unterstützt **Bauteilkostenmanagement** durch geometrisch-technologische Kostenbewertung



DesMIT-Bauteilstrukturierung und **Bauteilmodellierung** sind konform zu DMBG

Abgleich **Datenmodell** in DesMIT mit Datenmodell in ArtWork

Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

08.11.2002 8

- Kommerzielle Tools  
Anzahl der untersuchten kommerziellen Tools > 10
  - PRICE H
  - Knowledge Aided Planning and Estimating System - KAPES
  - CostDesigner
  - SomaCalc
  - UNIT FACTORY/FACTON
- Hochschulen  
Anzahl der evaluierten Forschungsarbeiten > 30
  - Dep. of Mechanical Eng. (Uni Twente, Prof. van Houten)
  - PICANT und LICCOS (Uni Karlsruhe, wbk, Prof. Weule)
  - XKIS (Uni München, Prof. Ehrlenspiel, Prof. Lindemann)
  - DEVIPLAN (EPFL Lausanne, Prof. Xirouchakis)

- Pauschale Aussagen
  - Geringe Integration in Produktentwicklungsprozeß
  - Nicht anwendbar bei komplexen Bauteilen
  - Analytische Ansätze berücksichtigen zu wenig, daß  
Fertigungsprozesse firmenspezifisch sind
  - Wissensakquisition und Wartung des Wissens in regelbasierten  
Systemen sehr aufwendig
- 
- Kein existierendes Werkzeug löst Hauptaufgabe
  - Existierende Werkzeuge maximal Hilfsmittel, nicht Lösung

## Informationsbedarfsanalyse

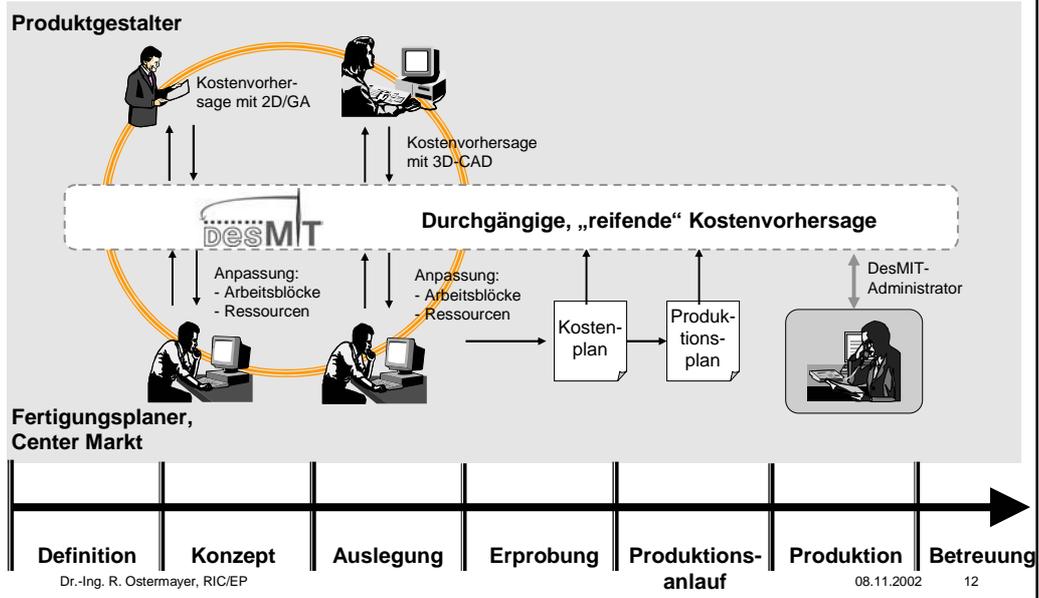


- Umfangreiche Befragung der am Produktentstehungsprozeß beteiligten Experten aus Einkauf und Markt, Konstrukteure, Arbeitsplaner, NC-Programmierer,...
  - Produktwissen (allgemein, detailliert)
  - Prozeßwissen (Prozeßschritte, zugehörige Ressourcen)
  - Beziehungen zwischen Produkt, Prozeß und Ressourcen
- Aufbau eines Anwendungsszenarios

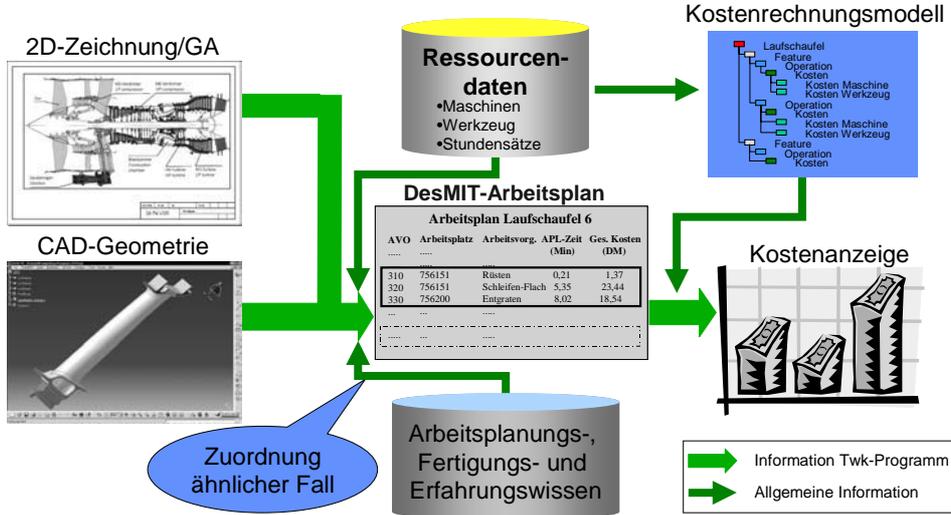
Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

08.11.2002 11

## Anwendungsszenario



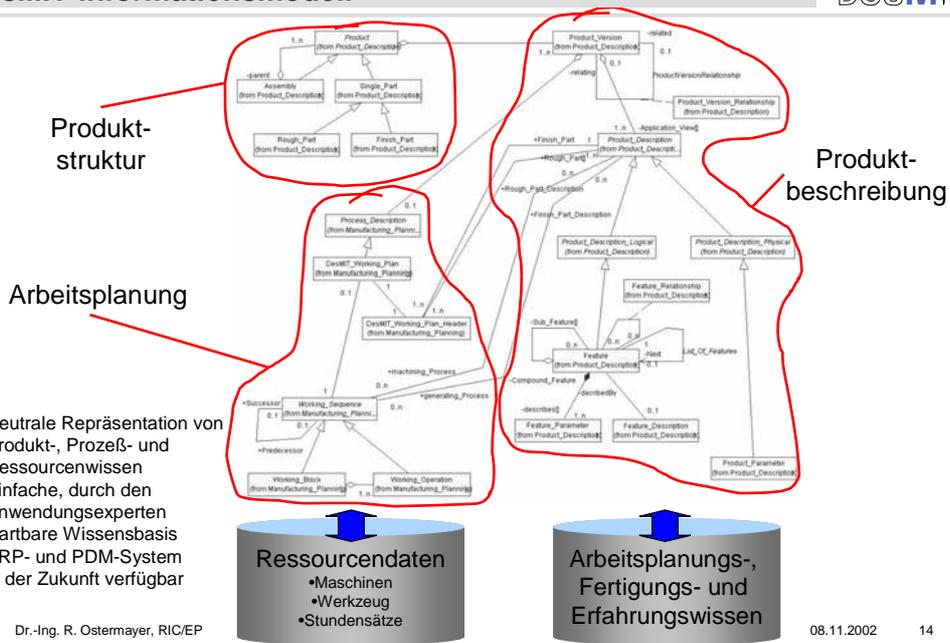
# Grobkonzept



Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

08.11.2002 13

# DesMIT-Informationsmodell

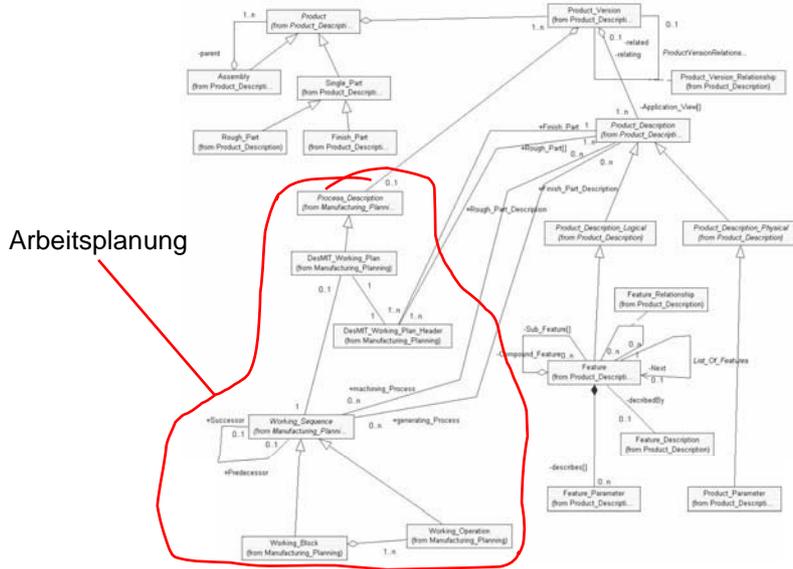


Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

08.11.2002 14

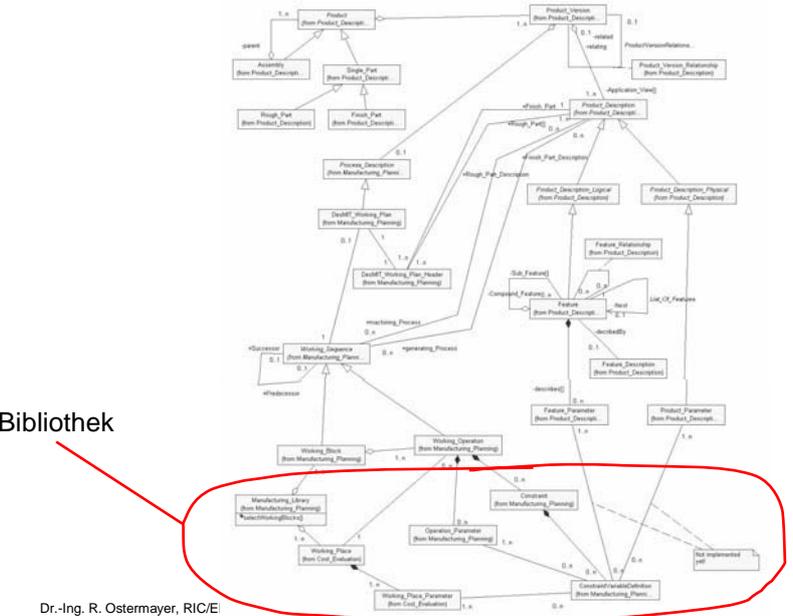


# Arbeitsplanung



Arbeitsplanung

# Gesamtsicht mit Bibliothek

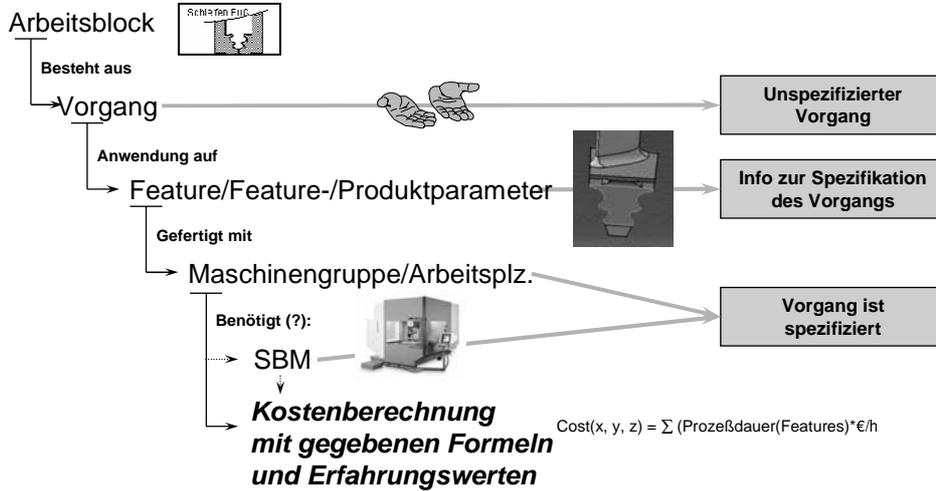


Bibliothek

# Prinzipieller Aufbau der Bibliotheken



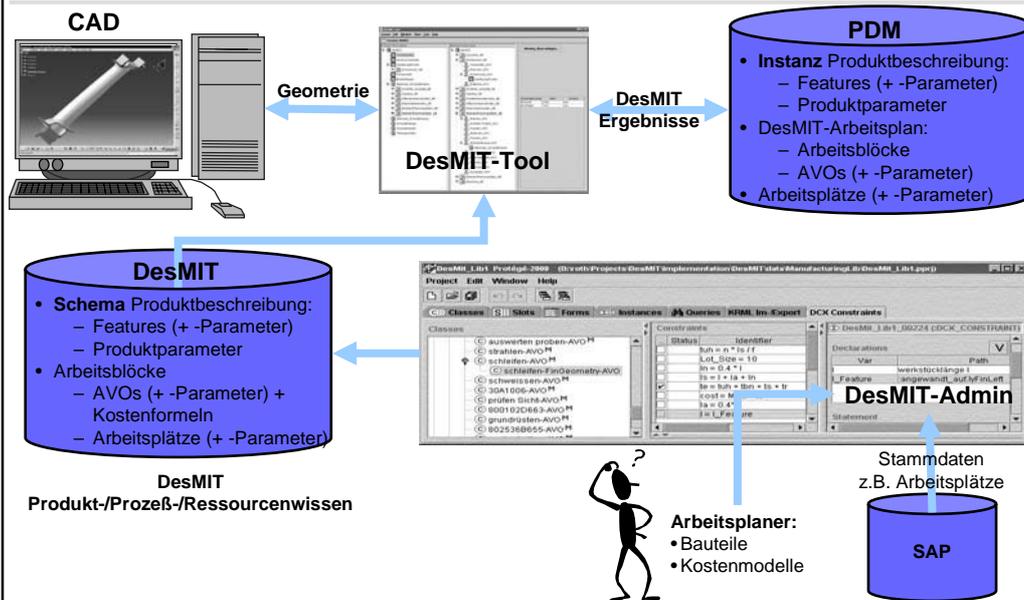
## Struktur der Bibliotheken zur Abbildung der Zusammenhänge zwischen Produkt, Prozeß und Ressourcen für Laufschaufel



Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

08.11.2002 19

# DesMIT im MTU-AE Umfeld (Ausblick)



Dr.-Ing. R. Ostermayer, RIC/EP

08.11.2002 20

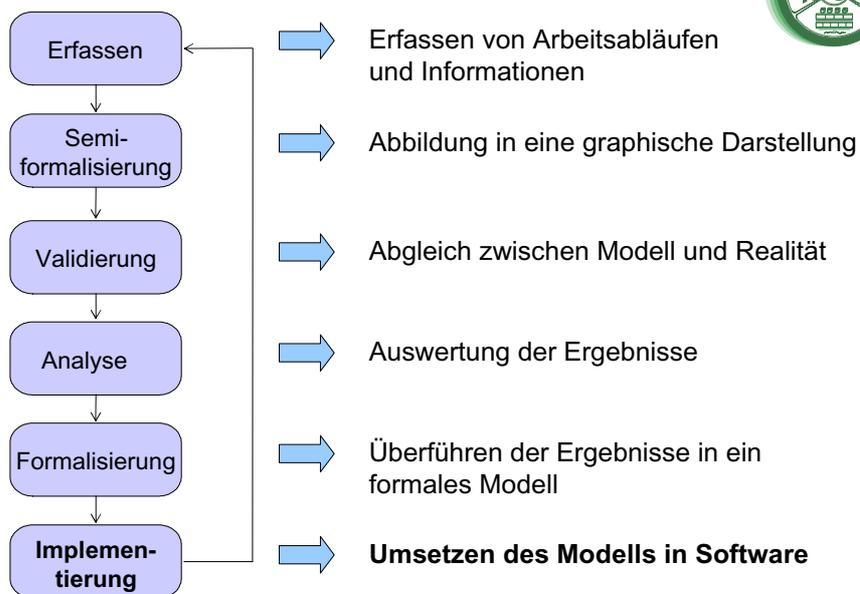
- DesMIT basiert auf der Integration von Produkt-, Prozeß- und Ressourceninformationen
- Trennung von verallgemeinerbarem, Produktklassen-spezifischem und Produkt-spezifischem "Wissen"
  - Werkzeug zur Operationalisierung
  - Werkzeug zur Administration
- Wissensakquisition sehr aufwendig



## Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

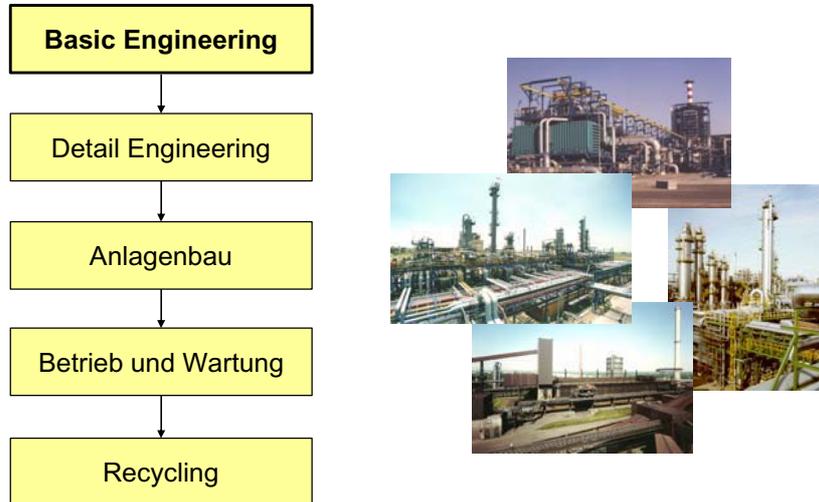
M. Nagl, R. Schneider, B. Westfechtel  
SFB 476, RWTH Aachen

### Vorgehensweise



## Anwendungsbereich: Verfahrenstechnik

SFB 476  
IMPROVE

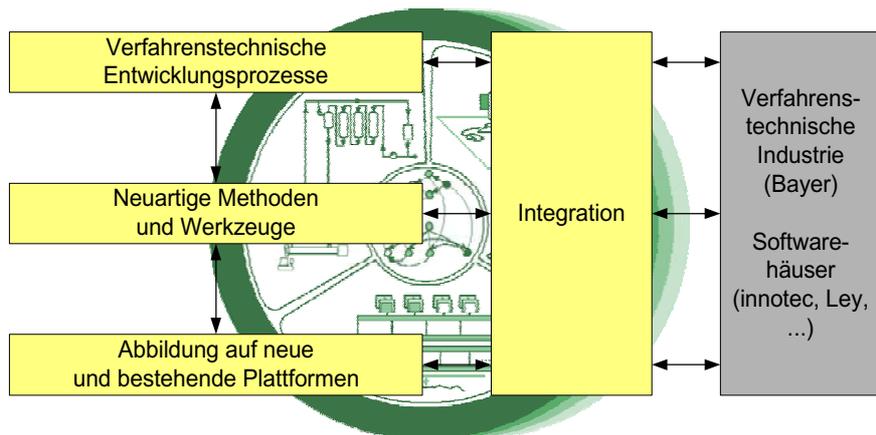


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

3

## SFB 476 IMPROVE

SFB 476  
IMPROVE



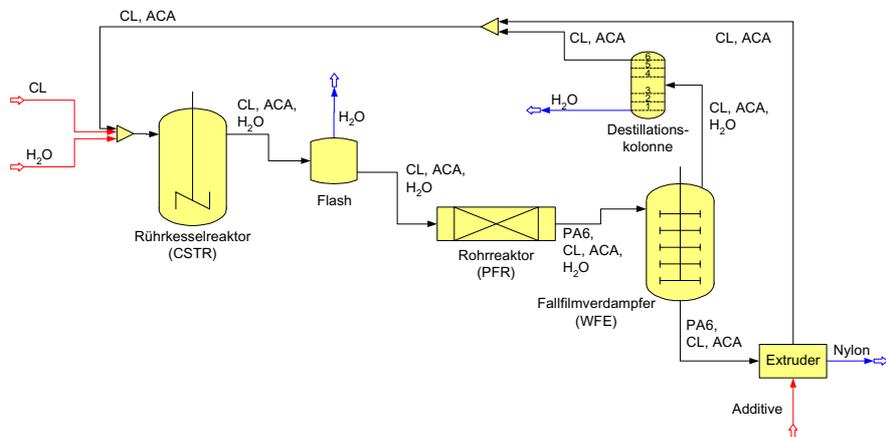
InforMatische Unterstützung  
übergreifender EntwicklungsPROzesse  
in der VERfahrenstechnik

Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

4

## Fallstudie: Polyamid6-Anlage

SFB 476  
IMPROVE

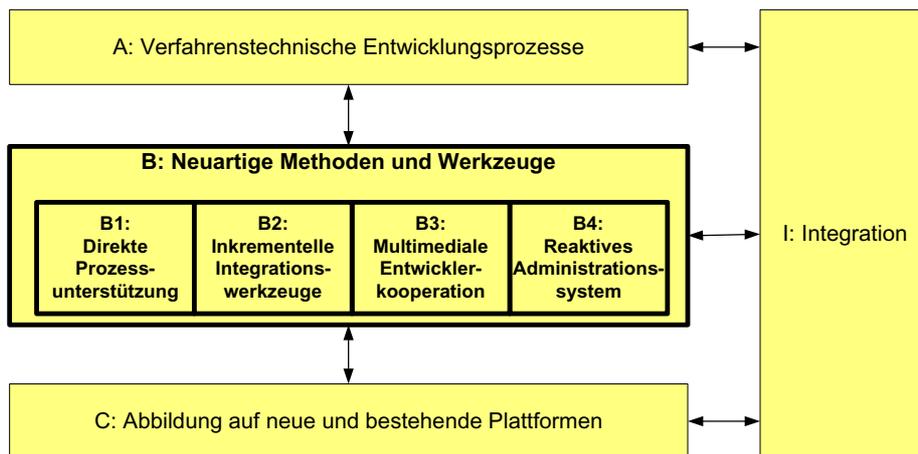


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

5

## Projektstruktur des SFB 476

SFB 476  
IMPROVE

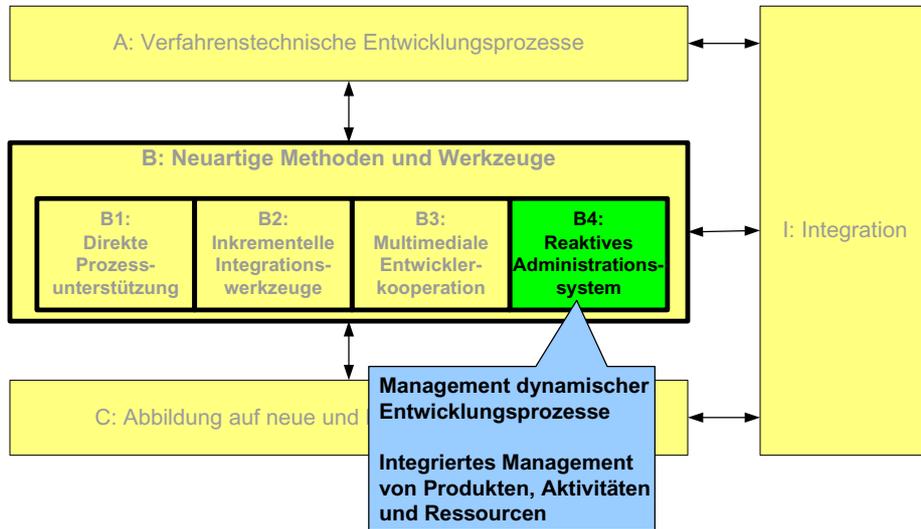


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

6

# Reaktives Administrationssystem (AHEAD)

SFB 476  
IMPROVE

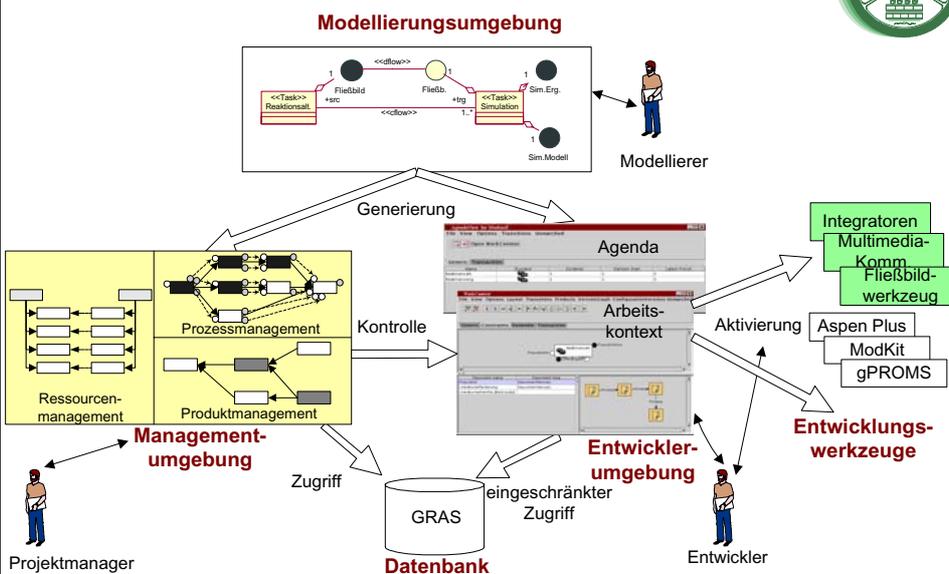


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

7

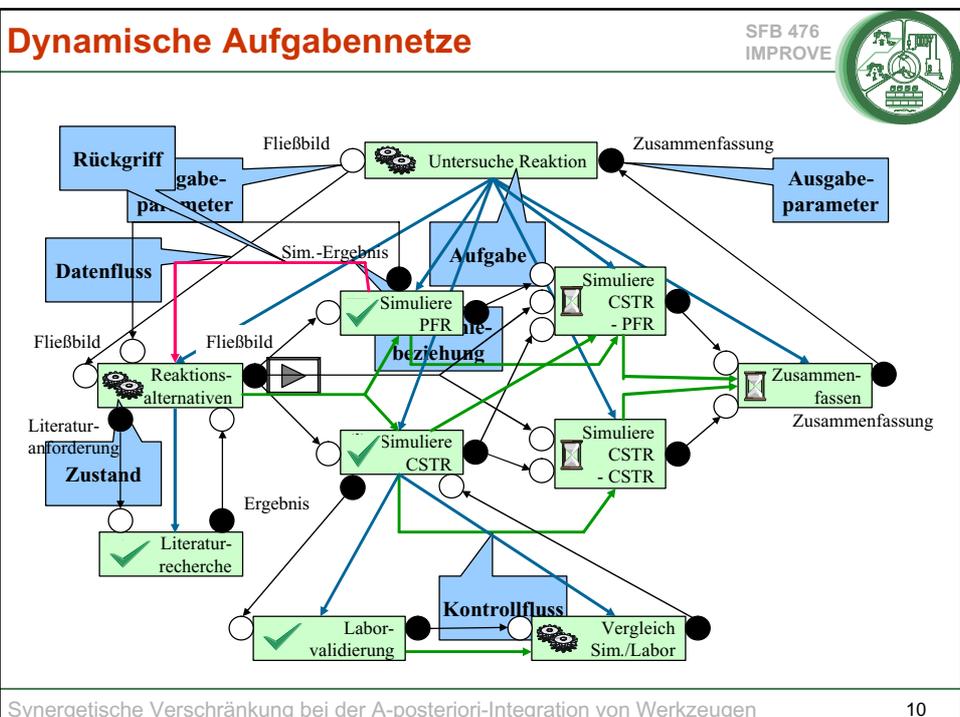
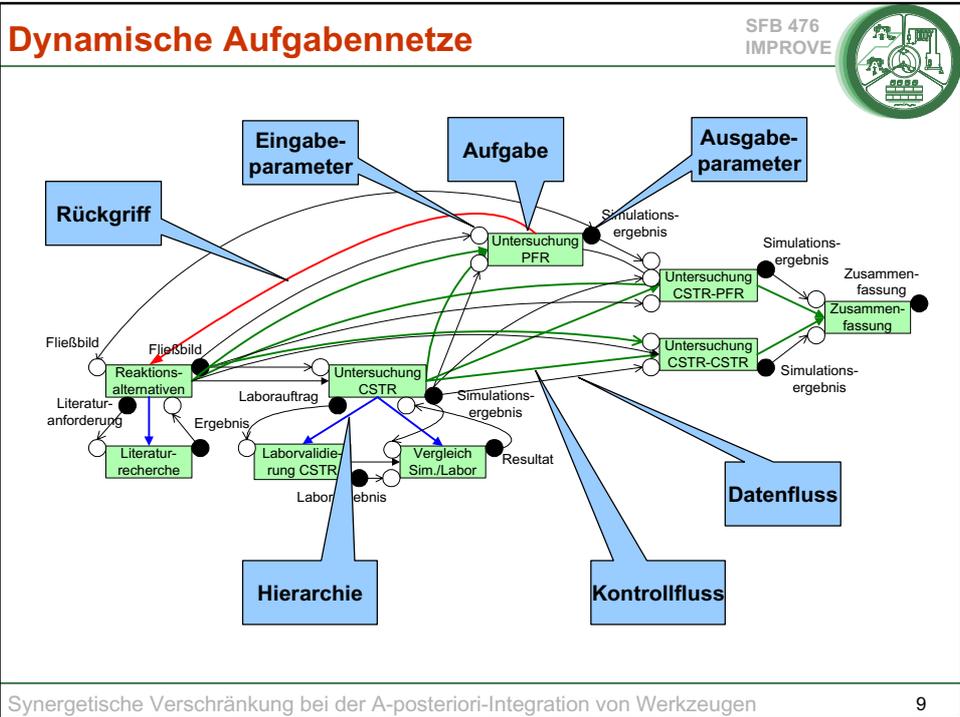
# Architektur

SFB 476  
IMPROVE



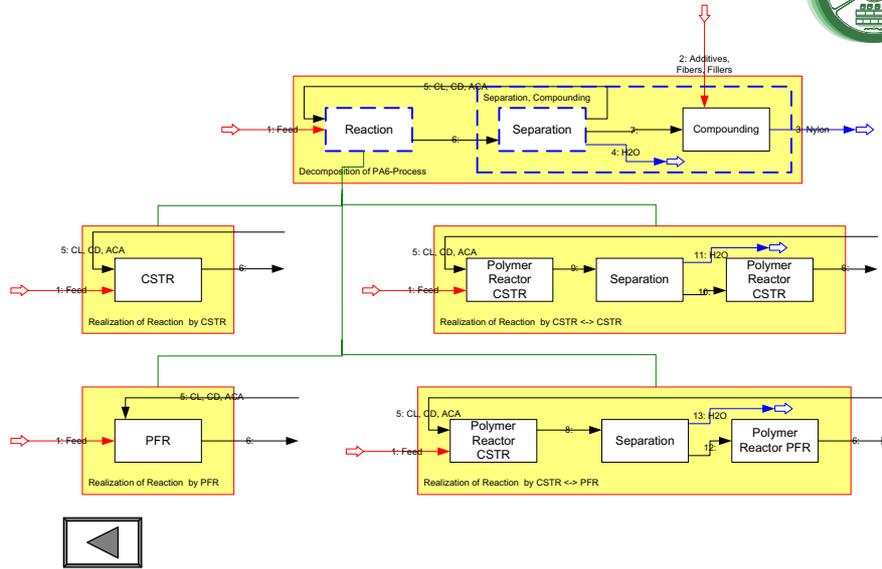
Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

8



# Grundfließbild Polyamid6-Prozess

SFB 476  
IMPROVE



Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

11

# Entwicklerumgebung

SFB 476  
IMPROVE



The screenshot shows the 'AgendaView for MarkusE' software interface. It features a 'Generic Transaction' table, a 'WorkContext' window, and a 'Generic Constraints' window. The main workspace displays a process flow diagram similar to the one in slide 11, with a 'Polymer Reactor CSTR' and 'Polymer Reactor PFR' connected by 'Separation' units. A 'Process Steps & Link Operations' panel on the left lists various process elements like 'Process', 'Reaction', 'Separation', 'Compounding', etc. Callouts point to the 'Agenda' and 'Arbeitskontext' (Work Context) windows.

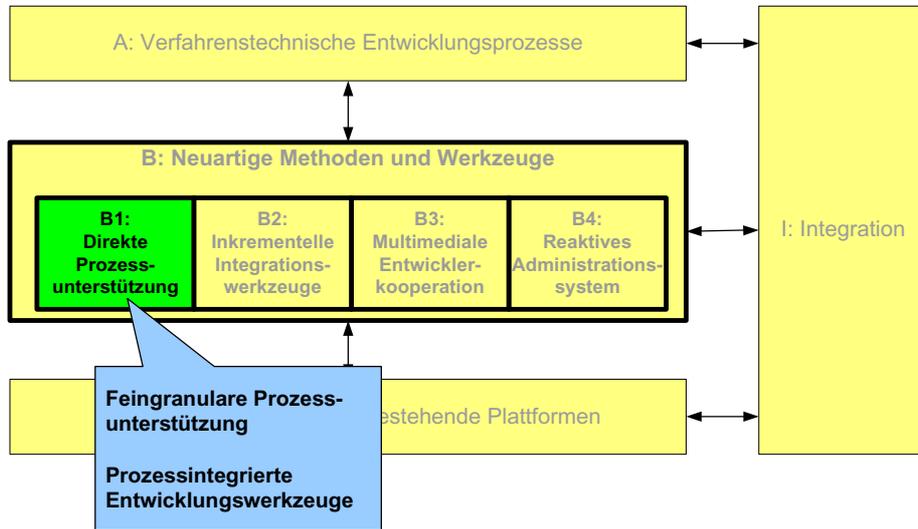
Name	Zustand	Duration	Earliest Start	Latest Finish
Reaktionsalt.		1	1	2
Reaktionseng.		1	1	2

Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

12

# Direkte Prozessunterstützung (PRIME)

SFB 476  
IMPROVE

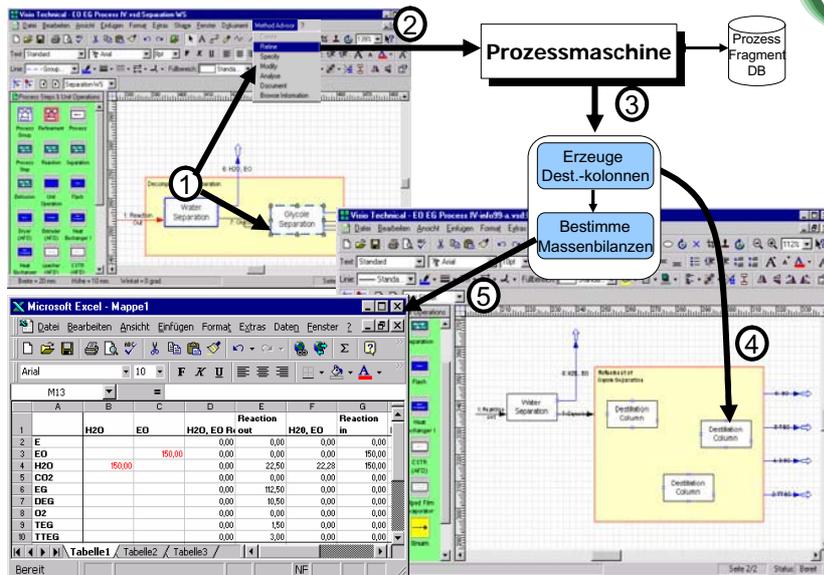


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

13

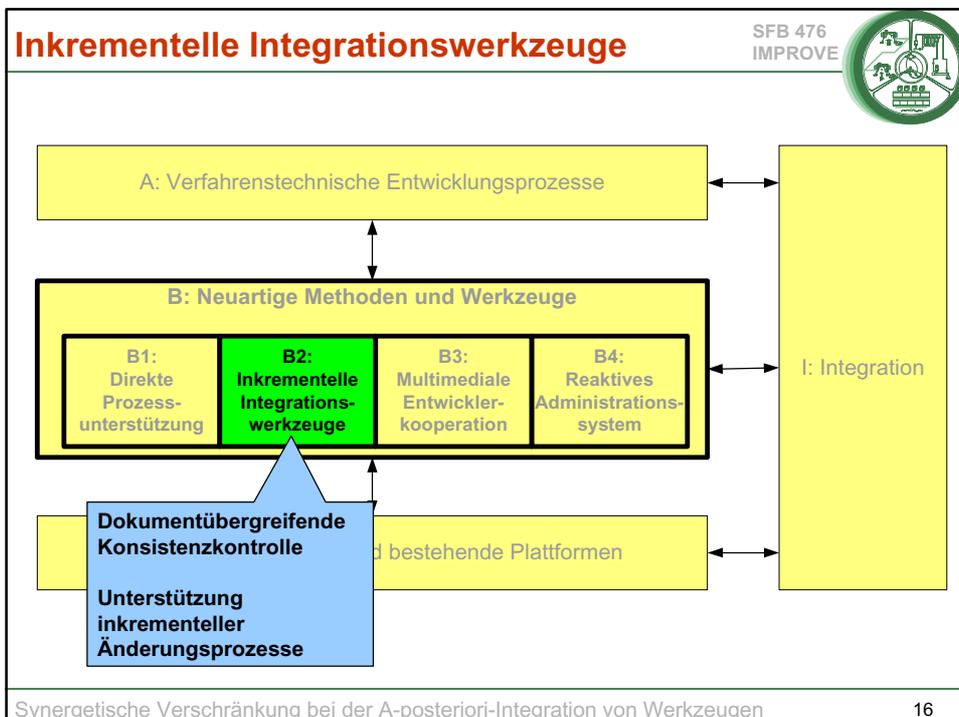
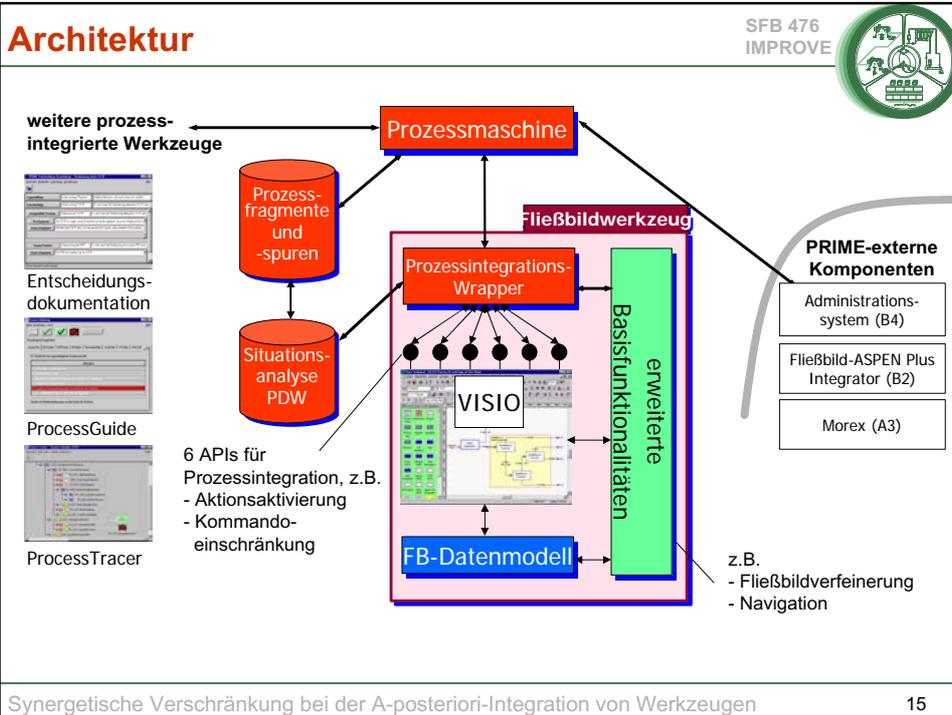
# Beispiel

SFB 476  
IMPROVE



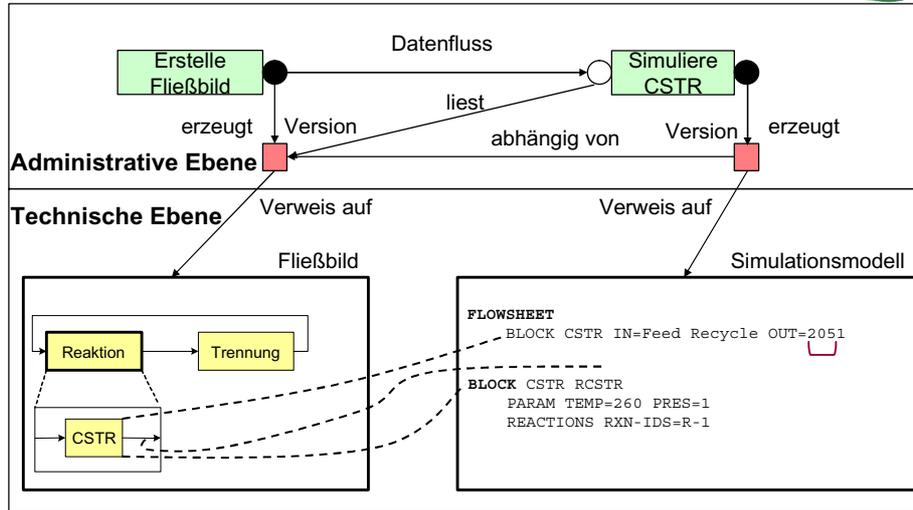
Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

14



# Administrative und technische Ebene

SFB 476  
IMPROVE

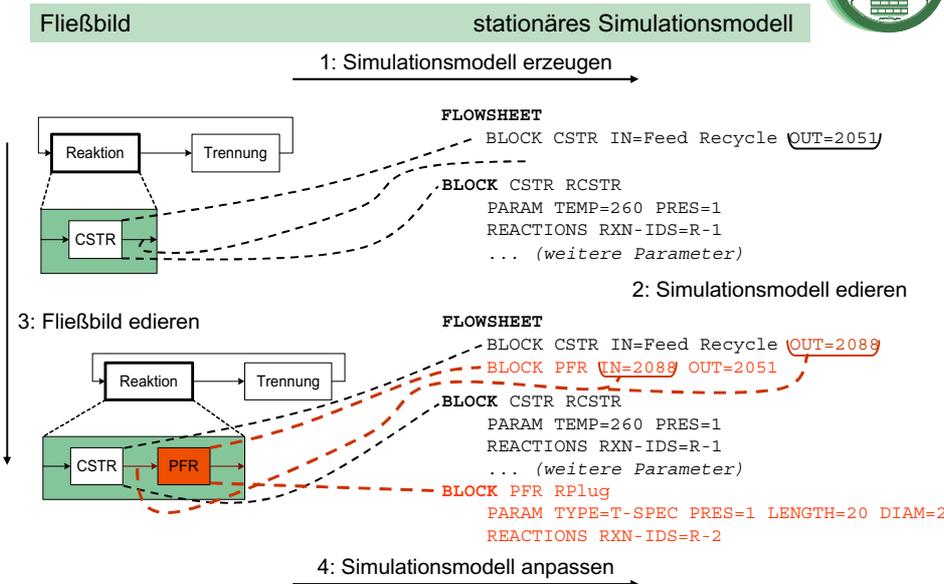


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

17

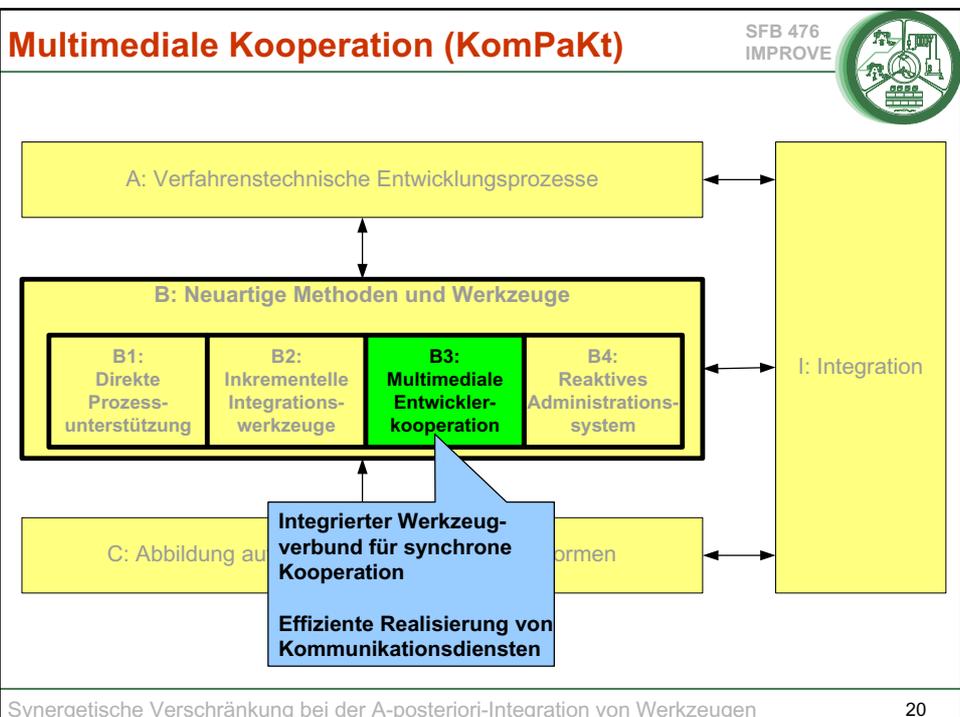
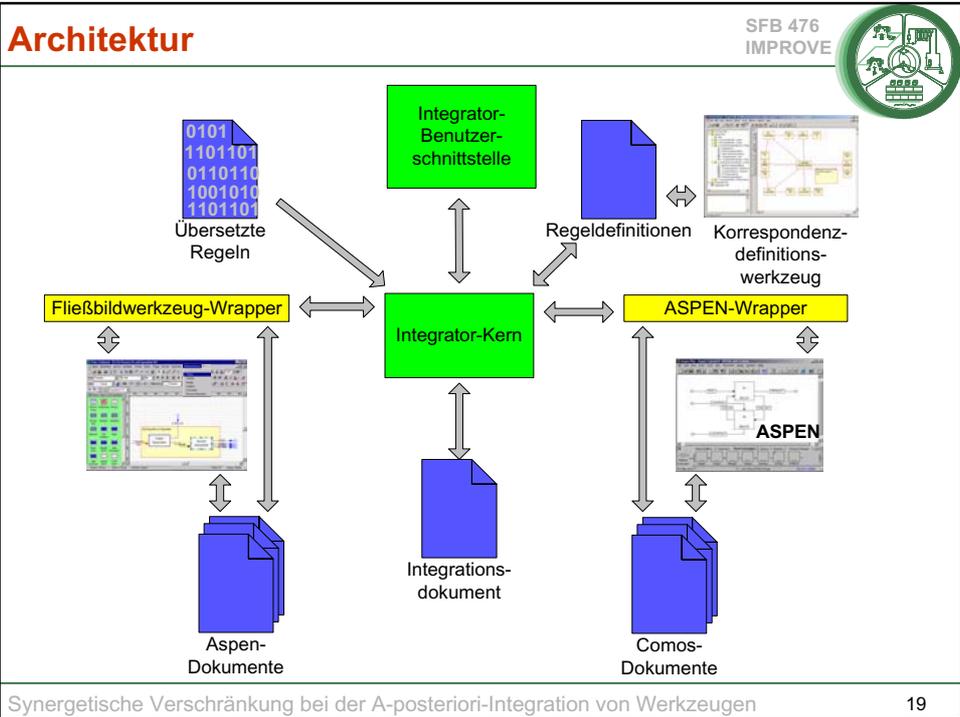
# Beispiel

SFB 476  
IMPROVE



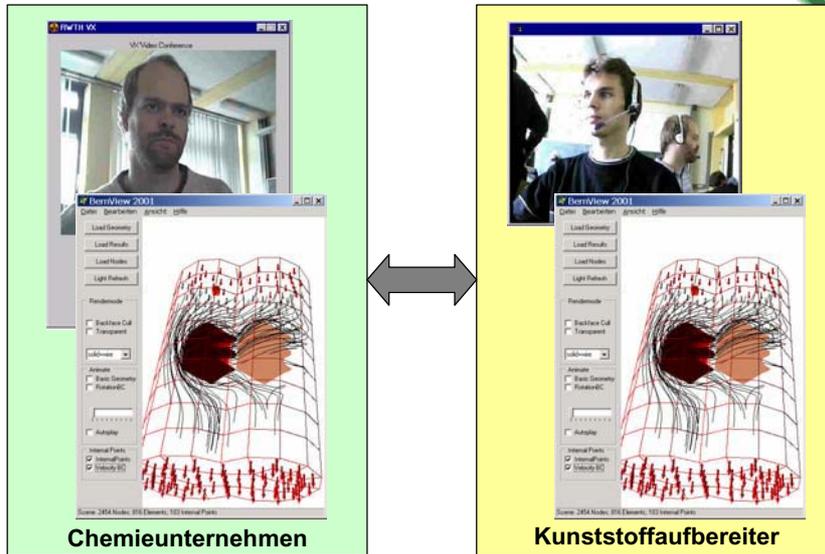
Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

18



## Beispiel: Extruderauslegung

SFB 476  
IMPROVE

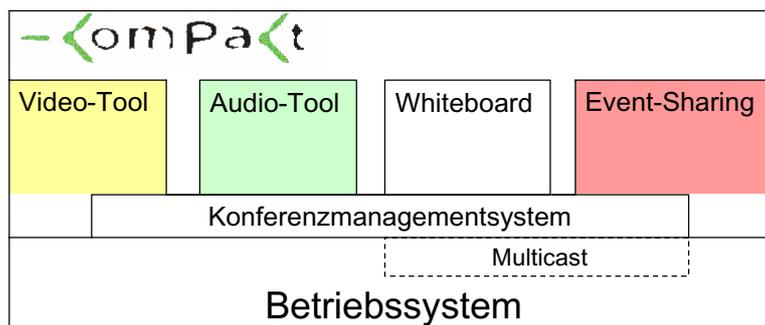


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

21

## Architektur

SFB 476  
IMPROVE

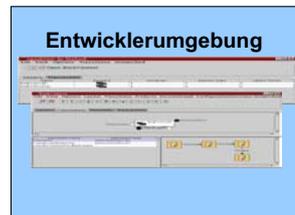


Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

22

## Integration mit AHEAD

SFB 476  
IMPROVE



### Werkzeuge für die Multimedia-Kommunikation

-KomPaKt

- Konferenzmanagement
- Audio/Videokonferenz
- Shared Whiteboard
- Shared Text Editor
- Application/Event Sharing

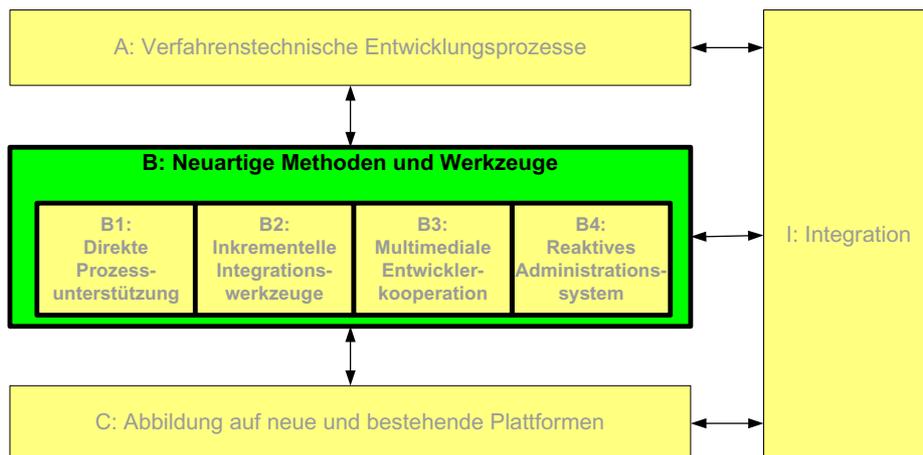
- Unterstützung geplanter und spontaner Konferenzen
- Aufruf von KomPaKt aus der Entwicklerumgebung
- Bereitstellung von Benutzerdaten (mögliche Teilnehmer, Erreichbarkeit)
- Bereitstellung von Dokumenten für das Application/Event Sharing
- Abspeicherung von Konferenzergebnissen in multimedialen Dokumenten

Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

23

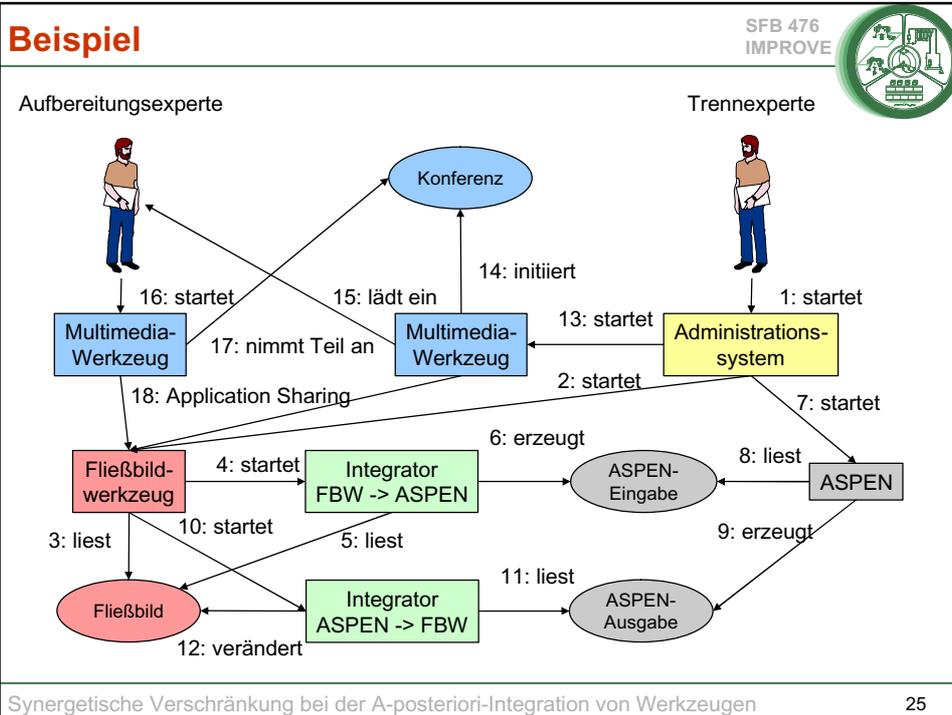
## Synergetische Verschränkung

SFB 476  
IMPROVE



Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen

24



**Synergie-Matrix** SFB 476  
IMPROVE 

	Direkte Prozessunterstützung	Inkrementelle Integrationswerkzeuge	Multimediale Entwicklerkooperation	Reaktives Administrations-system
Direkte Prozessunterstützung		Aufruf in werkzeugübergreifenden Prozessfragmenten	Nutzung in kooperativen Prozessfragmenten	Verwaltung von Dokumenten Aufgabenübergreifende Prozessfragmente
Inkrementelle Integrationswerkzeuge	Unterstützung von feingranularen Änderungsprozessen		Nutzung für kooperative Abstimmungsprozesse	Verwaltung von Integrationsdokumenten
Multimediale Entwicklerkooperation	Steuerung von Videokonferenzen	Nutzung für kooperative Abstimmungsprozesse		Verwaltung multimedialer Dokumente Einladung von Konferenzteilnehmern
Reaktives Administrations-system	Nutzung von Prozessfragmenten für den Manager	Kopplung von administrativen mit technischen Dokumenten	Synchrone Kooperation mit Managern bzw. Entwicklern	

Synergetische Verschränkung bei der A-posteriori-Integration von Werkzeugen 26



- **Ergebnisse**
  - Werkzeuge mit innovativer Funktionalität
  - Berücksichtigung der A-posteriori-Integration
  - Synergetische Verschränkung
- **Zukünftige Arbeiten**
  - Ausweitung der Werkzeugintegration, z.B. direkte Prozessunterstützung für Manager
  - Analyse und Vereinheitlichung der zugrundeliegenden Modellierungsansätze
  - Re-Design der Werkzeuge
    - ➔ Identifikation und Elimination von Redundanzen
    - ➔ Entwurf einer Gesamtarchitektur
    - ➔ Definition von Schnittstellen für die Werkzeugintegration

know innovate design analyze realize



## Übergeordnete Produkt-Strukturierung in Verbindung mit Wissensbasierten Werkzeugen

### Workshop Produktmodellierung, TU München

Uwe Stach, EDS PLM Solutions  
Leiter Center of Competence MCAD

## ☼ Inhalte



- Kurzvorstellung EDS
- Bereichseingrenzung Produktstrukturierung
- Lösungen Global > Detail
- “Open by Design” -Technologien

## EDS Historie



vertreten in 67 Ländern  
145,000 Mitarbeiter  
\$21,5 Mrd. Umsatz in 2001

- 1962 - Ross Perot gründet EDS
- 1967 - EDS nimmt das erste Groß-Rechenzentrum in Betrieb
- 1975 - EDS expandiert in internationale Märkte
- 1984 - General Motors übernimmt EDS
- 1985 - EDS startet erste Aktivitäten in Deutschland
- 1996 - EDS wird selbständig und börsennotiert (NYSE)
- 2001 - EDS übernimmt UGS und SDRC: Geschäftsbereich PLM Solutions

## Inhalte

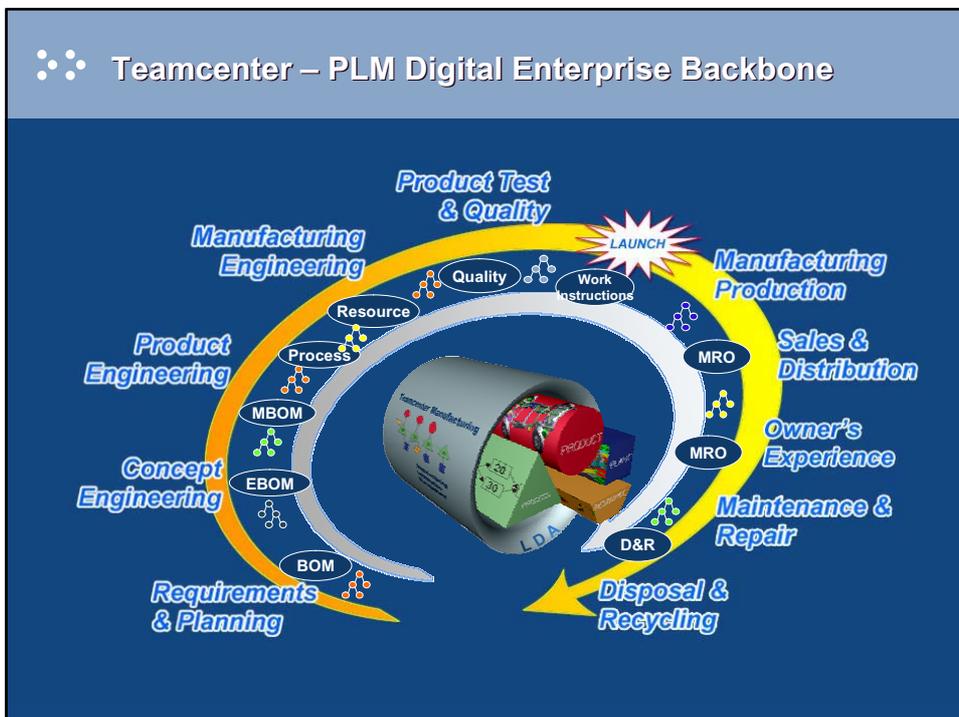


- Kurzvorstellung EDS
- Bereichseingrenzung Produktstrukturierung
- Lösungen Global > Detail
- "Open by Design" -Technologien

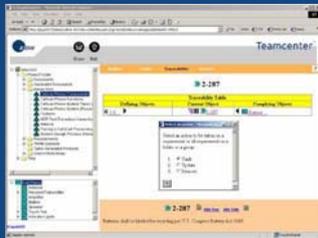
## ❖❖❖ PLM: Product Lifecycle Management



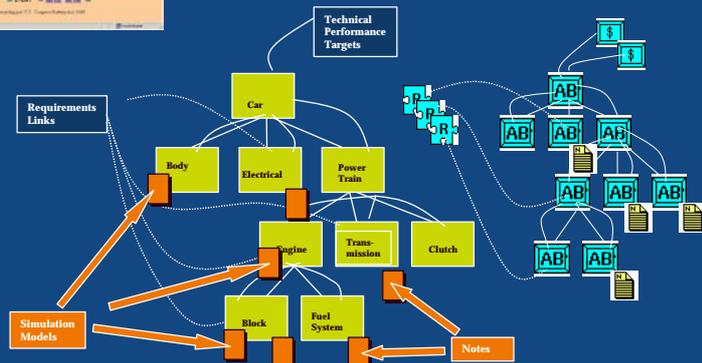
## ❖❖❖ Teamcenter – PLM Digital Enterprise Backbone



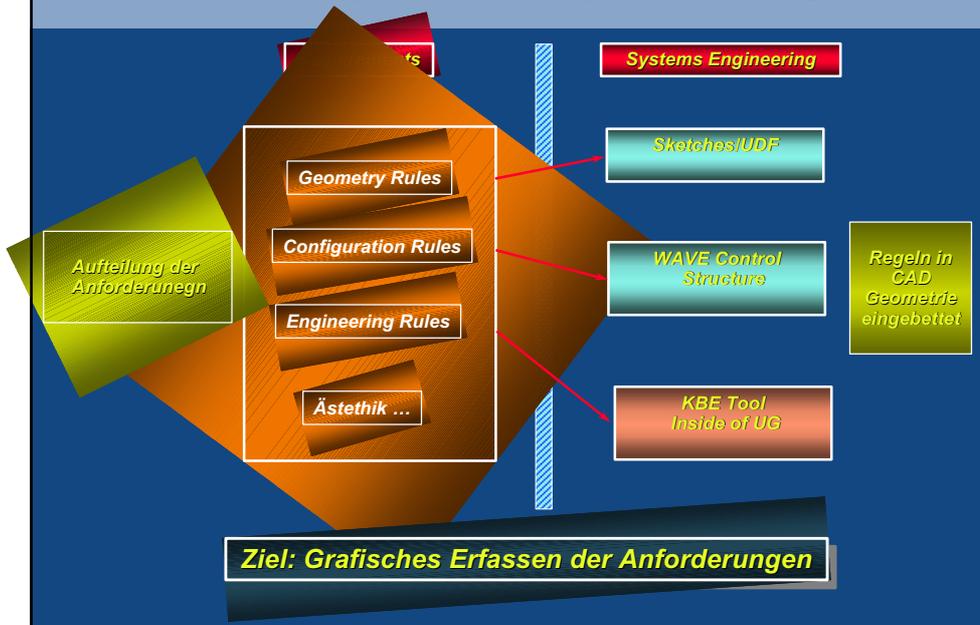
## Requirements Management



- Definieren und Managen der Produkt-Anforderungen
- Upfront Systems Engineering
- Verdeutlichen der Interrelationen der einzelnen Anforderungen



## Überführung Anforderungen > Lösung



## ☼ Inhalte



- Kurzvorstellung EDS
- Bereichseingrenzung Produktstrukturierung
- Lösungen Global > Detail (I)  
**Wissensbasierte Architektur**
- “Open by Design” -Technologien

## ☼ Lösungen (I): Wissensbasierte Architektur



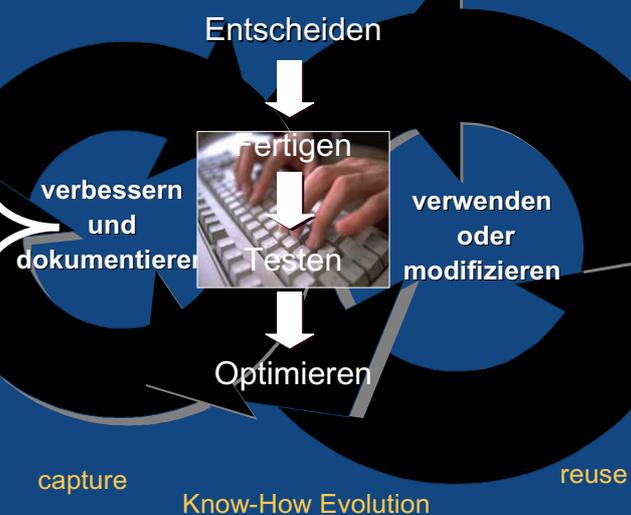
Intellectual  
Capital



Technische  
Dokumentation



Industrie  
Standards

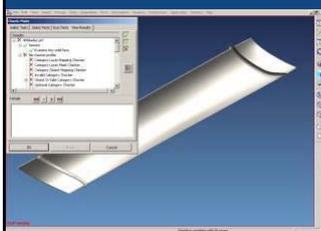


## Process Wizards – integriertes Industrie - KnowHow

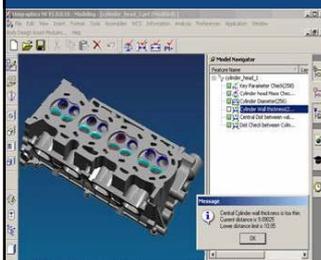
- Gesteigerte **Effizienz** durch **abgestimmte Arbeitsprozesse**:
  - **Verständnis** von speziellen Aufgabenstellungen
  - **Führung** der Anwender durch den Prozess
  - Verbindung von komplexen Operationen in **automatisierten Sequenzen**
  - Vorgabe der Konstruktions-**Methodik**



## Integrierte, automatische Validierung



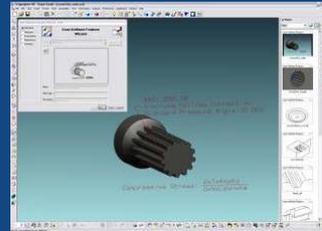
- Konstruktion mit simultaner **Produktüberprüfung**: Qualität!
  - versichert **Einhaltung** von Normen und **Firmenstandards**
  - erlaubt den Entwicklungsstand **voranzubringen**, anstatt Fehler nachträglich zu beheben
  - **ermöglicht Wissensaufbau** im Produktlebenszyklus



**Warnung: Zylinder-Wandstärke zu gering!**  
**Aktuelle Wandstärke: 9,09 // Untergrenze: 10,05**

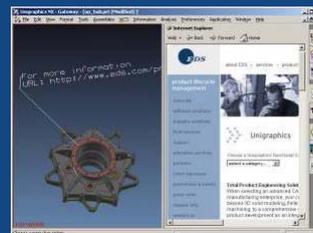
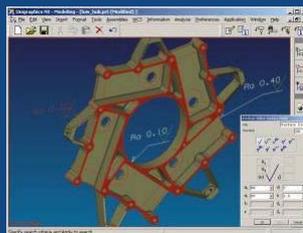
## ••• Vordefinierte Schablonen – unmittelbarer Zugriff

- Bereitstellung der **Wissensdatenbanken des Unternehmens**:
  - Nutzung von anpassbaren XML „Favoriten“, um häufig genutzte Objekte **standardisiert** einzufügen
    - Vordefinierte Anwendungsschablonen
    - Wiederholteile
    - Anwenderdefinierte Formelemente



## ••• Smart models – angereicherte 3D-Produktdefinition

- Entscheidende Kriterien für Konstruktion u. Fertigung werden **angehängt** und **kommuniziert** und reduzieren so...
  - **Kostspielige Fehler** durch falsche Mutmaßungen in nachfolgenden Prozess-Schritten
  - Risiko von **fehlerhaften Daten** bei **wiederholter Eingabe**
  - **Entwicklungskosten** bei zukünftigen Lebenszyklen

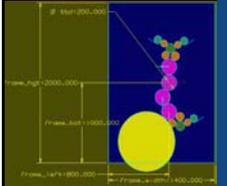
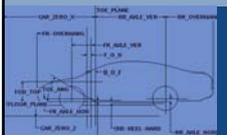


## ☼ Inhalte



- Kurzvorstellung EDS
- Bereichseingrenzung Produktstrukturierung
- Lösungen Global > Detail (II)  
**WAVE Systems Engineering**
- “Open by Design” -Technologien

## ☼ Produktentwicklung mit Top-Down-Ansatz



*Steuerung der Produktentwicklung über konzeptionelle Schlüsselkriterien*

### WAVE-Technologie

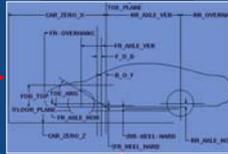
- Abbildung des grundsätzlichen Layoutes in einem parametrischen Schema (“WAVE-Steuerstruktur”)
- Getrieben durch high-level Produktparameter
- Änderung der Steuerstruktur bewirkt automatische Aktualisierung der Produktbaugruppe

## ❖❖❖ WAVE- Kontrollstruktur Änderungsfluß



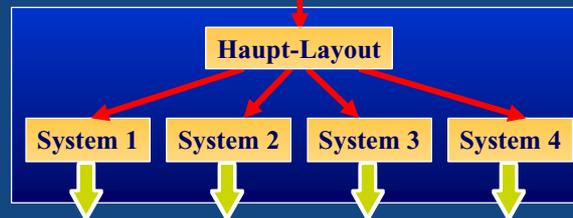
ändert Produkt-Schlüssel-Parameter

Produkt



- Konstruktionskriterien für Subsysteme werden im Produkt- Layout festgelegt
- Eigenständige Konstruktionen innerhalb der Subsysteme (*Modulare Konstruktion*)

Kontrollstruktur



Aktualisierung des Haupt-Layouts  
Aktualisierung der Bedingungen für Subsysteme

Neu-Veröffentlichung der Bedingungen für die Subsysteme

## ❖❖❖ Inhalte



- Kurzvorstellung EDS
- Bereichseingrenzung Produktstrukturierung
- Lösungen Global > Detail (III)  
**Assembly Konzepte**
- “Open by Design” -Technologien

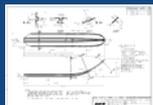


## ☼ Inhalte



- Kurzvorstellung EDS
- Bereichseingrenzung Produktstrukturierung
- Lösungen Global > Detail (IV)  
**Master Model Konzept**
- “Open by Design” -Technologien

## ☼ Master Model Konzept

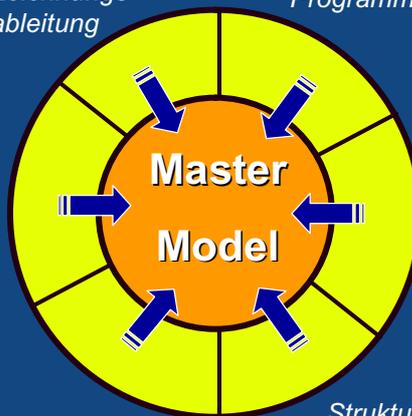


2D  
Zeichnungs-  
ableitung

NC-  
Programmierung



**Baugruppe**

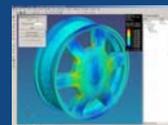


Bewegungs-  
analyse

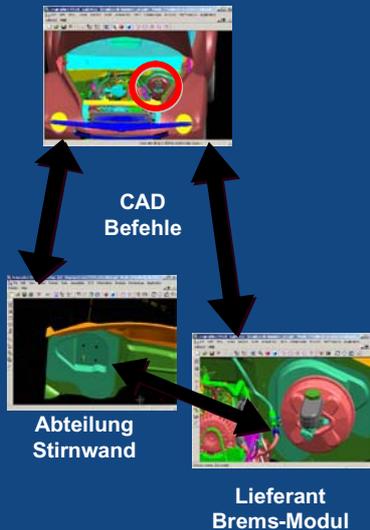


Dokumentation

Struktur-  
analyse



## ❖❖ Engineering Collaboration



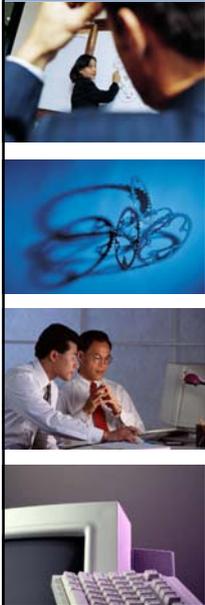
- Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen und Zeitzonen hinweg durch...
  - **Skalierbare** Werkzeuge auf versch. Leveln (visuell bis geteilte Konstruktion)
  - **Design Time Collaboration**, peer-to-peer conferencing und Modifikation in Echtzeit
  - Geschützte Projekträume im Intranet oder Extranet mit Lieferanten

## ❖❖ Inhalte



- Kurzvorstellung EDS
- Bereichseingrenzung Produktstrukturierung
- Lösungen Global > Detail
- “Open by Design” -Technologien

## ❖❖ Open by Design

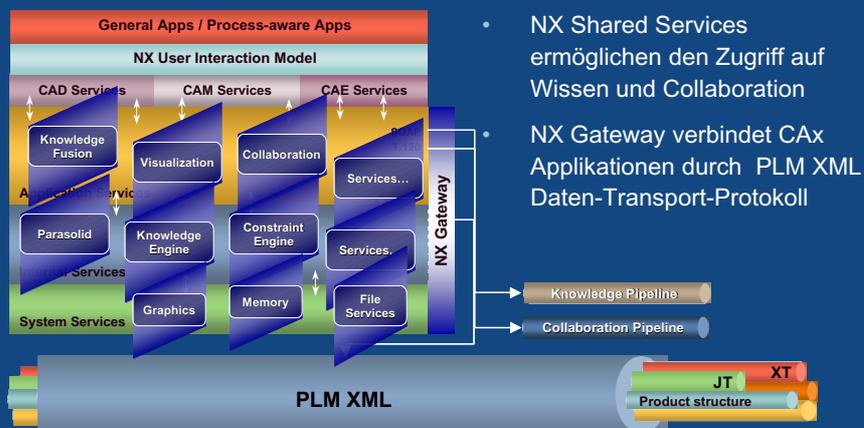


### Skalierbare, modulare Entwicklungsplattform

- Aufsetzen auf eine offene Entwicklungs- Architektur: Interoperabilität und Integration innerhalb der EDS PLM Produkte UND Partneranwendungen
  - Flexibilität zur Erweiterung der Abdeckungsbreite und -tiefe um andere Anwendungen
  - Unterstützung der effektiven **Zusammenarbeit** entlang des kompletten Produktlebenszyklusses

## ❖❖ Open by Design

### NX Architektur - Modular, flexibel, offen und anpassbar



- Kernplattform mit integriertem Wissenskern
- NX Shared Services ermöglichen den Zugriff auf Wissen und Collaboration
- NX Gateway verbindet CAx Applikationen durch PLM XML Daten-Transport-Protokoll

## ❖ Zusammenfassung

### **Übergeordnete Produkt-Strukturierung**

*Requirements Management*

✓ Definieren und Managen von  
Produktanforderungen und Interrelationen

*Wissensbasierte  
Architektur*

✓ Erfassen und Wiederverwenden von  
Prozesswissen; Know-How Evolution

*WAVE Systems  
Engineering*

✓ Handling und Konfiguration komplexer  
Produkte; Portfolio-Management

*Assembly-Lösungen*

✓ Tools für unterschiedliche Struktur- und  
Produktsichten

*Master Model Konzept*

✓ Zentrales CAD-Modell als Basis für  
Engineering Collaboration

*Open by Design*

✓ Ermöglicht Integration und Interoperabilität  
über den kompletten Entwicklungsprozess



❖ Danke

Uwe Stach  
Leiter Center of Competence MCAD  
Uwe.Stach@eds.com  
www.plm-solutions.de

# Unterstützung der Kooperativen Produktentwicklung durch ISO 10303 (STEP)

Workshop Produktmodellierung  
München 17.10.2002

©2002 DIK, TU-Darmstadt  
Dipl.-Ing. U. Pfeifer-Silberbach



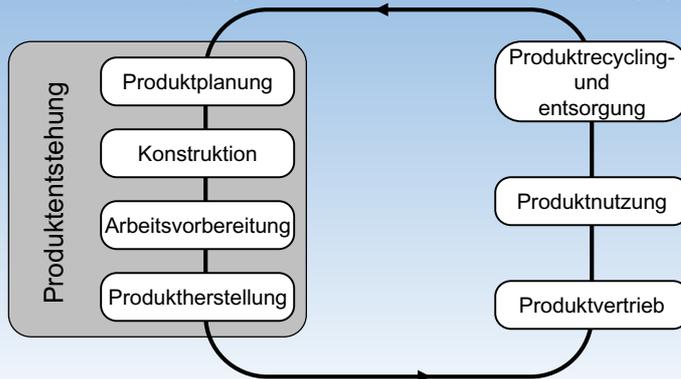
- Normenreihe: „Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange“
  - Speicherung;
  - Archivierung und
  - Austausch  
von Produktdaten.
- Aufbau der Normenreihe:
  - Description Methods;
  - Implementation Methods;
  - Integrated Generic Resources;
  - Integrated Application Resources;
  - Application Protocols;
  - Abstract Test Suits;
  - Application Interpreted Constructs
  - Application Modules (TS).

©2002 DIK, TU-Darmstadt  
Dipl.-Ing. U. Pfeifer-Silberbach

**ISO 10303 STEP**



- Anforderungen:
  - Abbildung von Produktinformationen aus allen Phasen der Produktentwicklung;
  - Abbildung von verschiedenen physikalischen Produkteigenschaften und
  - Berücksichtigung der Sichtweise eines Anwendungsgebietes.

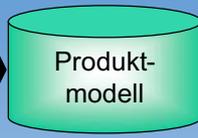


©2002 DIK, TU-Darmstadt  
Dipl.-Ing. U. Pfeifer-Silberbach

### Integriertes Produktmodell



**Produktdefinition**  
z.B. über  
Benennung: Ventilgehäuse  
identifizierende Nr.: 12345  
klassifizierende Nr.: VE-0815-4711



**Produktrepräsentation**  
z.B. als  
BRep-Struktur  
CSG-Struktur  
Feature-Struktur

**Produktpräsentation**  
z.B. als schattierte Darstellung, Stückliste oder Technische Zeichnung

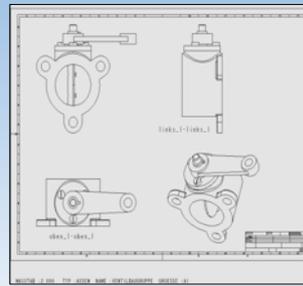


Assembly: VE08154711 enthält folgende Teile oder Untergruppen:

Nr.	Benennung	Typ
1	GEHÄUSE	Part
1	VENTILKLEPPE	Sub-Assembly
1	SEKEL	Part
1	HEBEL	Part
2	SCHWABEL	Part

Sub-Assembly: VE08154711 enthält folgende Teile oder Untergruppen:

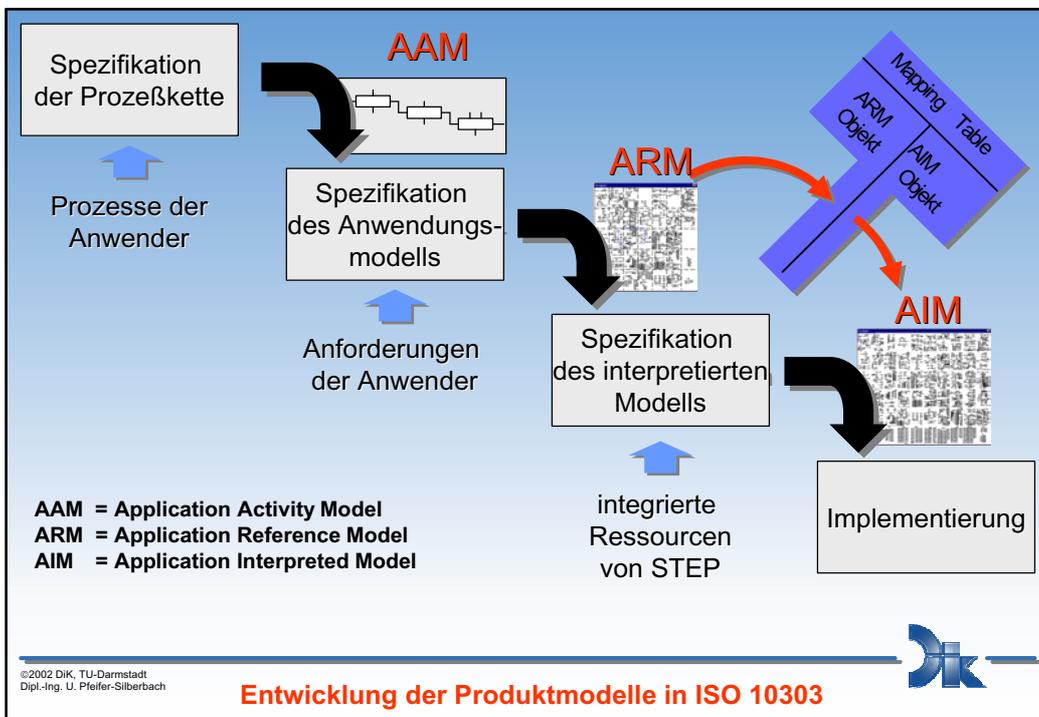
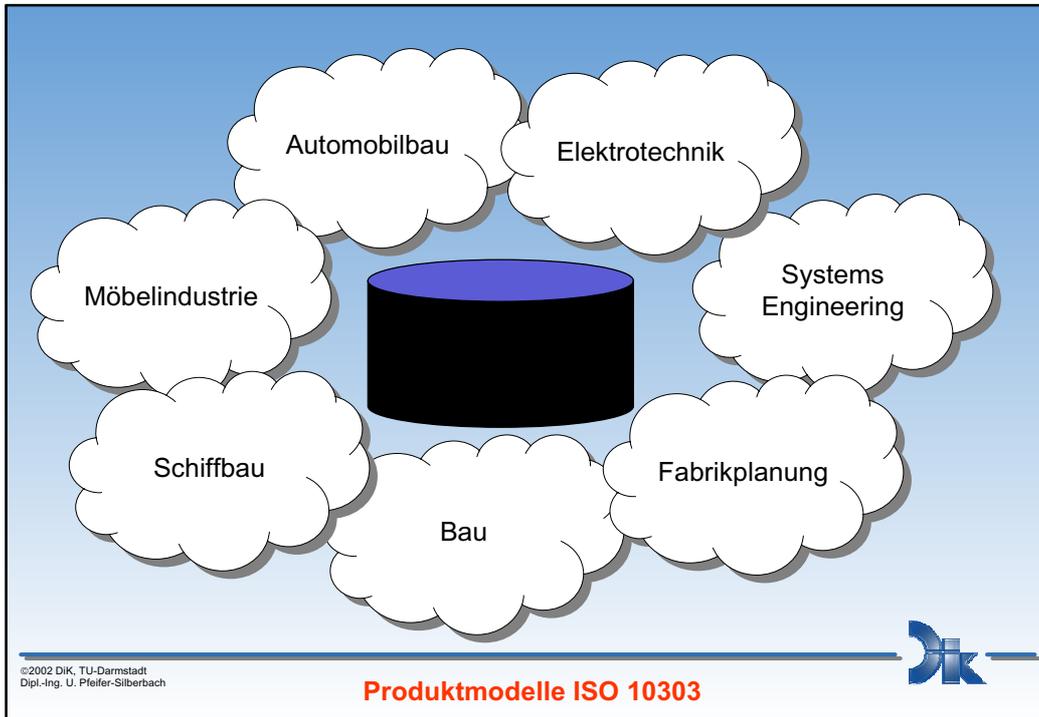
Nr.	Benennung	Typ
1	HEBEL	Part
1	VENTILKLEPPE	Part
1	SEKEL	Part
2	SCHWABEL	Part

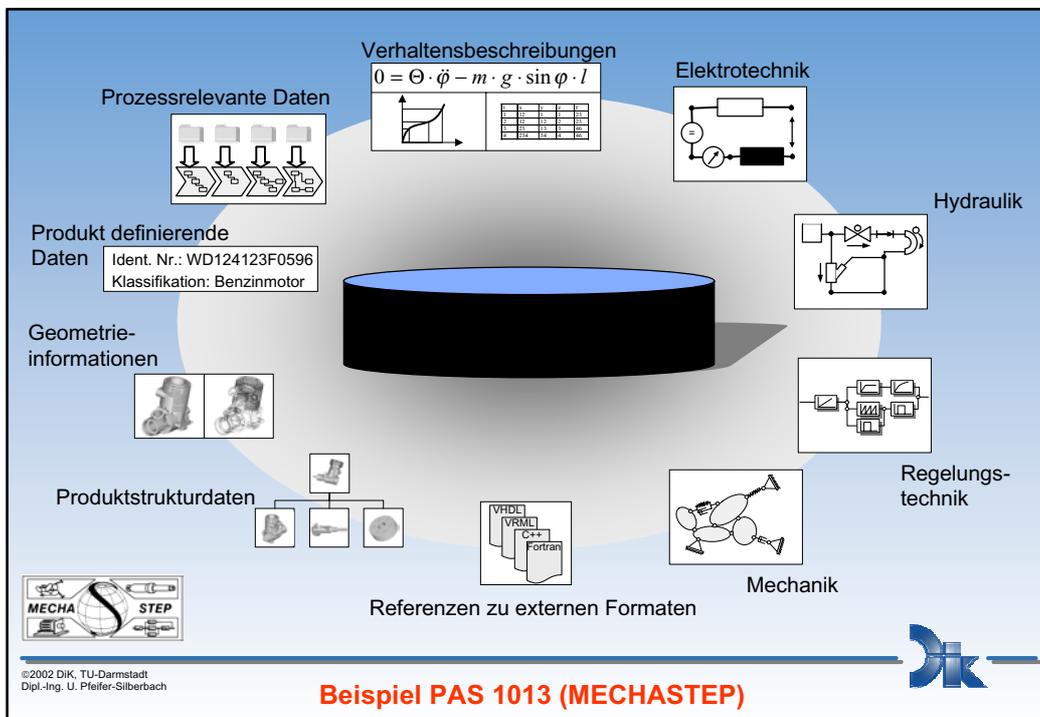
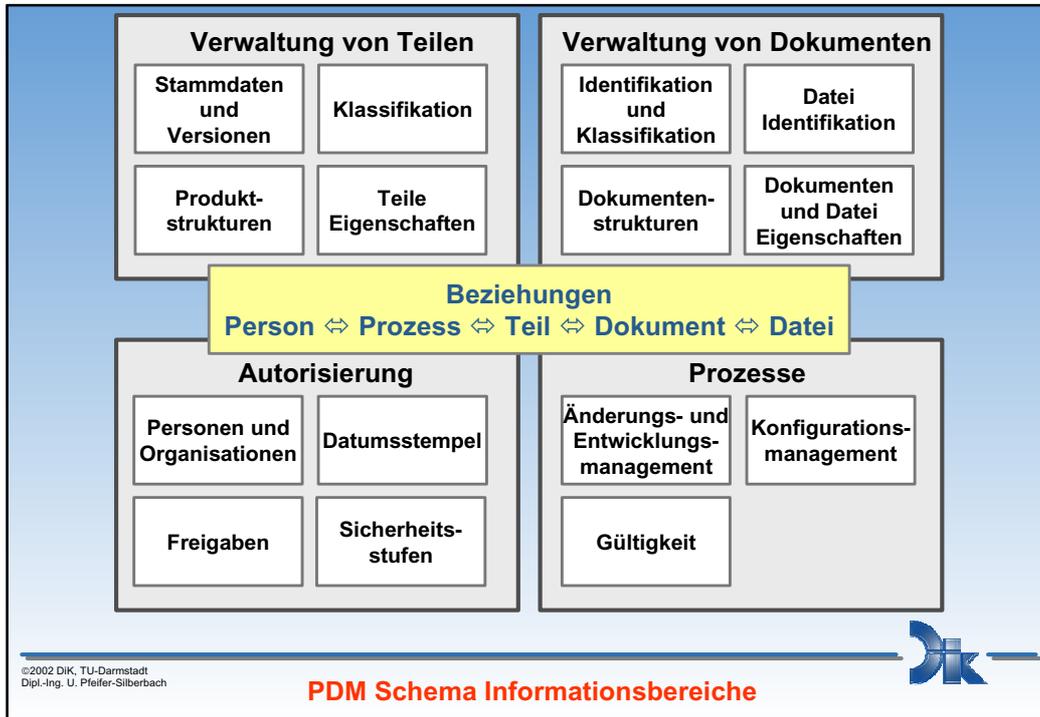


©2002 DIK, TU-Darmstadt  
Dipl.-Ing. U. Pfeifer-Silberbach

### Produktdefinition, -repräsentation und -präsentation







- Verbundprojekt
- Laufzeit 2000 bis 2003
- Zentrales Szenario des PDTnet-Projektes ist die neutrale, systemunabhängige Produktdatenkommunikation zwischen Automobilherstellern und Zulieferern auf der Basis des Standards STEP AP214 und verfügbarer Internettechnologien (XML).
  - Datenaustausch
  - Web Integration
- Browsen der Produktstruktur auf Basis AP 214 XML Schema
- Austausch komplexer Produktstrukturen
- Standardwerkzeuge für Zugriff auf Produktdaten in entfernten Systemen
- Werkzeuge für Zugriff und Pflege von Produktdaten durch KMUs
- Transfer in andere Bereiche des Maschinenbaus



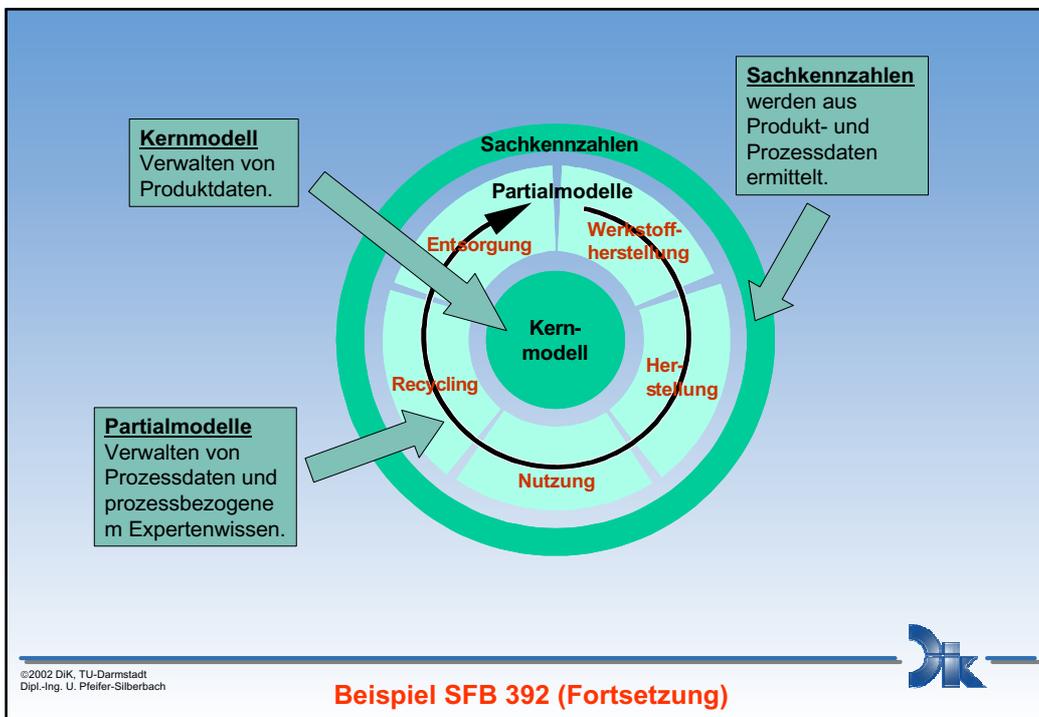
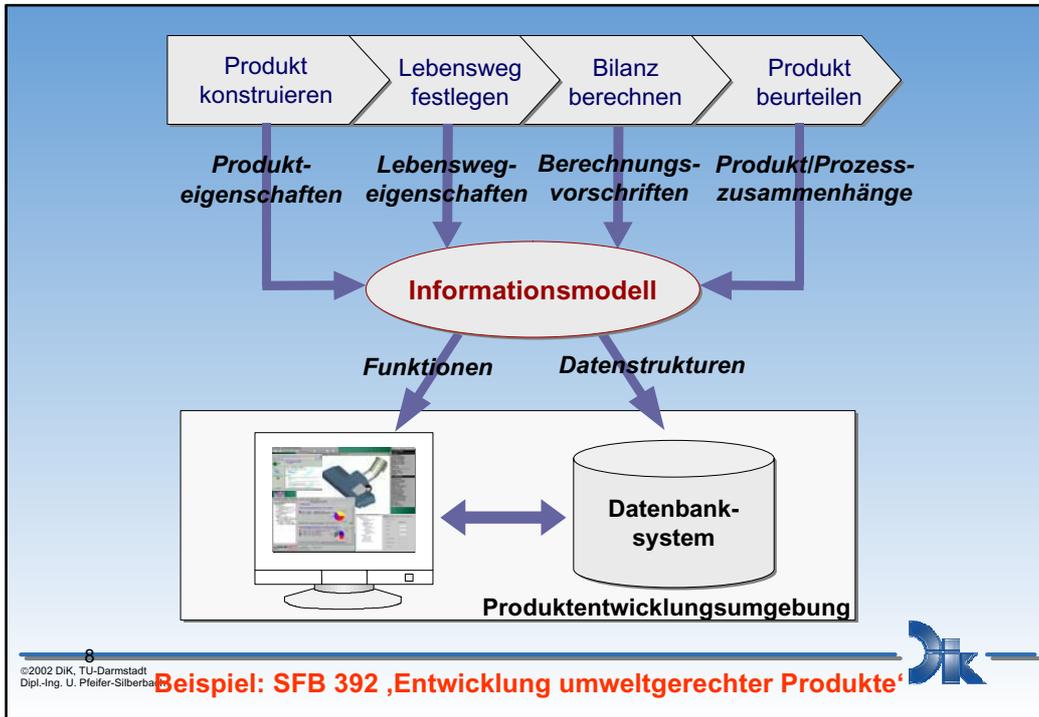
©2002 DIK, TU-Darmstadt  
Dipl.-Ing. U. Pfeifer-Silberbach

### Beispiel: Projekt PDTnet

Nr.	Frage	Kommentar	ja	nein	Maßnahmen	geprüft
1	Involvierte CAx-Systeme	Liste der eingesetzten CAx-Systeme.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Nachbesserung!	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Kosten	Verteilung der Kosten für zusätzliche Dokumentation	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	Wenn ein Partner zusätzliche Dokumentationen verlangt, welche nicht unbedingt für das Projekt benötigt werden ...	<input type="checkbox"/>

©2002 DIK, TU-Darmstadt  
Dipl.-Ing. U. Pfeifer-Silberbach

### Beispiel: Projekt Engineering-Bridge



- verstärkte Interdisziplinäre Produktentwicklung;
- Kooperationen über Firmen und Ländergrenzen hinaus;
- durchgängige Prozessketten in ‚networked enterprises‘;
- durch Entwicklung auf Basis der Datenmodelle von STEP, leichtere Integration unterschiedlicher Werkzeuge;
- Nutzung bisher nicht verwendeter Bereiche der Datenmodelle von STEP – Weiterentwicklung von STEP;
- weitere Erleichterung der Integration durch z.B. XML;



# Produktmodellierung

## Vom Gedankenmodell zum digitalen Produktmodell?

Workshop – Produktmodellierung  
17. Oktober 2002

Dipl.-Ing. Daniel Karl Fuchs  
Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München



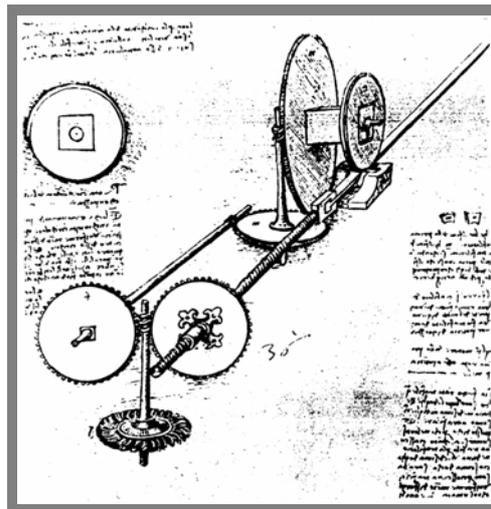
PRODUKTENTWICKLUNG product development

© 2002 Prof. Lindemann



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

*Was hat sich an dem Produktmodell für den Anwender in den letzten Jahren getan?*



Leonardo da Vinci (1452-1519)



PRODUKTENTWICKLUNG product development

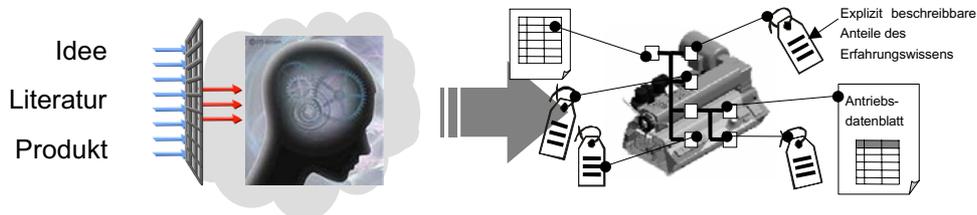
© 2002 Prof. Lindemann



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

Workshop Produktmodellierung - Fuchs 2/2002

## Bewusstsein -> Wie kommt ein Modell in den Kopf



- Die „alten“ Griechen: Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Arithmetik, Geometrie (Astronomie, Musik)
- Formulierung von Hypothesen und deren Diskussion fördern das Verständnis
- Verständnis von Bewusstsein als: Kollektives/individuelles Wissen, Wahrnehmung, Erinnerung, Aufmerksamkeit & kognitive Fähigkeiten
- 3 Bausteine:
  1. Wahrnehmen und kategorisieren
  2. Erinnerungsvermögen
  3. Bewertung



PRODUKTENTWICKLUNG product development



Quelle: Schnabel, Senkter, Wie kommt die Welt in den Kopf?

Workshop Produktmodellierung - Fuchs 3/2002

## Randbedingungen bei der Erstellung des Produktmodells

	Führung	Menschen	Arbeitsmarkt	Markt	Politik, Recht
	Wertvorstellung Ziele, Visionen Führungsstil Methodeneinsatz Planungsqualität Planungshorizont Risikobereitschaft Kommunikation	Qualifikation Leistungsbereitschaft (Motivation) Zusammenarbeit Methodeneinsatz Zahl Alter Geschlecht	Fluktuation Krankenstand Arbeitszeit Weiterbildung Löhne, Gehälter Altersabsicherung Gewerkschaften	Währungsrelationen Konkurrenz Konjunktur Beschaffungsmarkt Absatzmarkt	Gesetze, Verordnungen Förderprogramme Abgaben, Steuern
<b>Vertrieb</b>	Kundenorientierung Marktanteil Markort Exportanteil Vertriebsengagement	Design Umwelteigenschaften Patentsituation DV-Einsatz Zeiten (Entwicklungszeit) Kosten Qualität, Zuverlässigkeit Variantenstruktur Innovationsanteil Struktur, Komplexität	Durchlaufzeit Versuchswesen Umweltverhalten Flexibilität Logistik Auslastung Maschinenpark Fertigungstiefe Produktionsart Materialwesen	Verkehrsanbindung Standortfaktoren Termineinhaltung Größe Selbstverständnis (Unternehmenskultur) Organisation Liquidität Eigenkapital-Anteil Gewinnsituation	
	<b>Produktdefinition</b>	<b>Produktion</b>	<b>Unternehmen, allgemein</b>		



PRODUKTENTWICKLUNG product development



Quelle: Ehrlenspiel, Integrierte Produktentwicklung

Workshop Produktmodellierung - Fuchs 4/2002

## Allgemeine Beschreibungsarten von Produktmodellen

### verbal

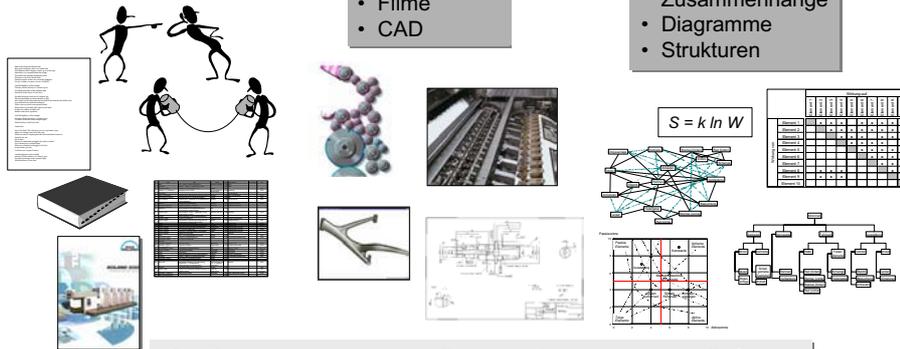
- Gespräch
- Text
- Tabelle

### bildhaft

- Zeichnungen
- Technische Zeichnungen
- Bilder
- Filme
- CAD

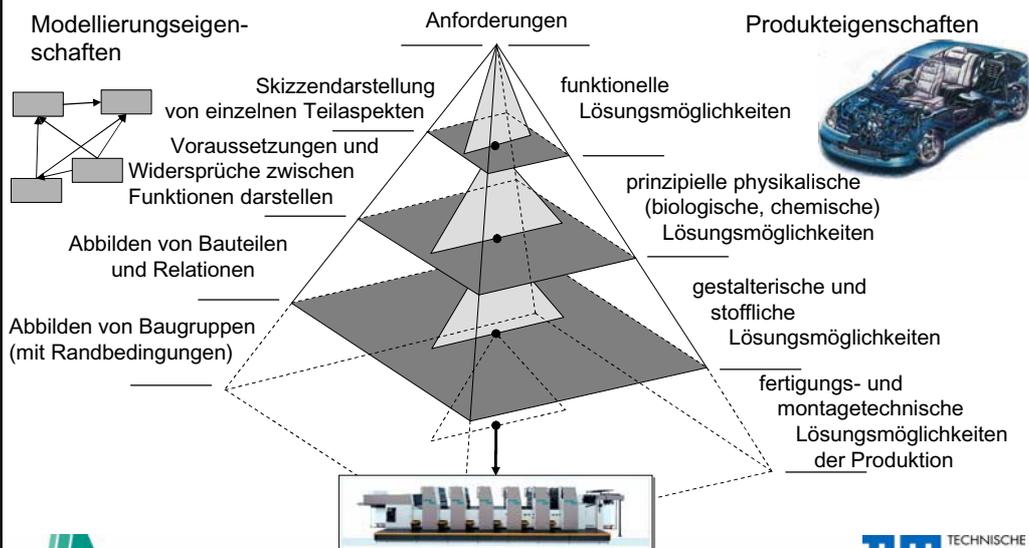
### mathematisch / abstrahiert

- Formeln
- Matrizen
- Logische Zusammenhänge
- Diagramme
- Strukturen



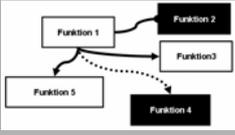
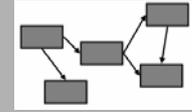
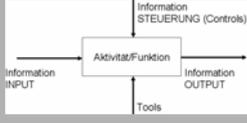
Die Beschreibungsarten können miteinander verknüpft sein

## Modellierungshierarchie – Entwicklung eines Produktmodells



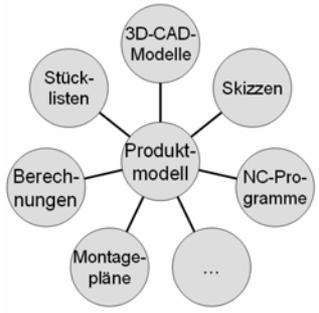
### Erstellung eines individuellen Produkt(-modells)

- Hilfestellungen durch Aufzeigen der möglichen Modellierungstechniken
- Kombinationen aufzeigen und fördern

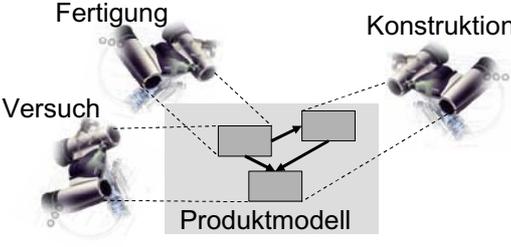
Produktmodellierung	Prozessmodellierungen
<p><b>TRIZ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nützliche/Schädliche Funktionen</li> <li>• Aufzeigen von Widersprüchen</li> </ul>  <p><b>Funktionsmodellierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Signal-, Informations-, Energiefluss</li> </ul>  <p><b>Bauteilbezogene Modellierung</b></p> 	<p><b>SADT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Workflow-Darstellung</li> <li>• Input, Output, Steuerung, Tools</li> </ul>  <p><b>UML</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Sichten durch             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Use Cases</li> <li>- Sequenzdiagramm</li> <li>- Datenmodell</li> </ul> </li> </ul>


 TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN  
 Workshop Produktmodellierung - Fuchs 7/2002

### Inhalte und Anwendung eines Produktmodells



**Produktmodell**



**Produktmodell**


 TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN  
 Workshop Produktmodellierung - Fuchs 8/2002

Jedoch wird in Produktmodellen nicht ...

- das individuelle Produktverständnis,
- die Modellierungseffektivität,
- das Expertenwissen berücksichtigt.

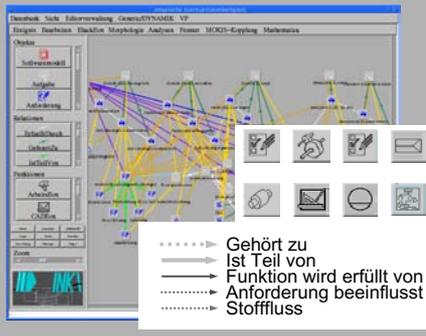
Deswegen werden die folgenden Punkte angestrebt:

- Erstellung individueller Produktmodelle  
→ Abteilungsproduktmodell  
→ Unternehmensproduktmodell
- Partialmodelle (wie sie bereits gefordert werden) erzeugen
- Einfache Modellierungstechnik

## Tools für die Erstellung eines Produktmodells – pro & contra

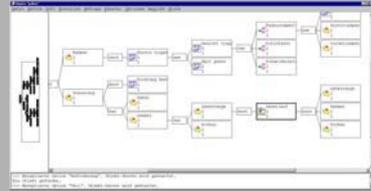
### INKA (Integrierter Konstruktionsarbeitsplatz)

- Prozessbegleitende Dokumentation
- Bidirektionalität der Dokumente



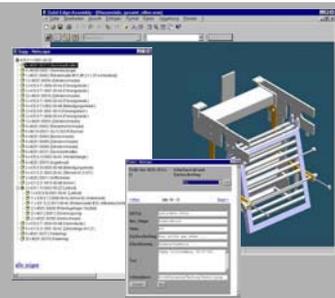
### MetaPhase

- Funktionen und Bauteil verknüpfen
- Bilden von Varianten



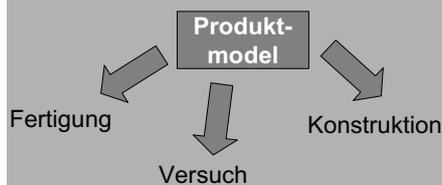
### IntraPro

Hinterlegen von Informationen (Lebensphasen, Beschreibung, Klassifizierung) im CAD-System



## Gegenüberstellung von zwei Ansätzen

### Top-Down Ansatz



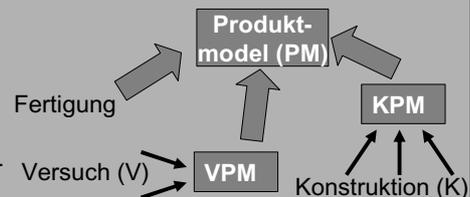
### Bisher:

- Ein zentrales Produktmodell wird bereitgestellt
- Benutzer bedienen sich der vorhandenen Informationen (kritische Hinterfragung?)
- Formalismus für Produktmodellierung muss eingehalten werden

### Ansatz:

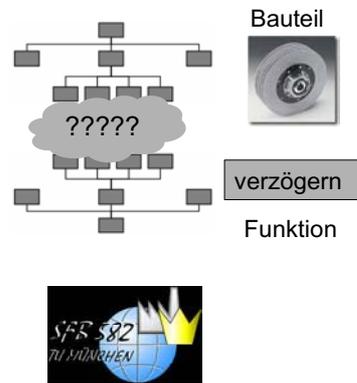
- Zentrales Produktmodell setzt sich aus individuellen Produktmodellen zusammen
- Gemeinsame Diskussionsgrundlage durch unterschiedliche Entstehungsgeschichte
- Abbildung auf unterschiedlichen Abstraktionsgraden (unterschiedliche Aussagen?)

### Bottom-up Ansatz



### Handlungsbedarf für zukünftige Produktmodelle

- Suchfunktion erweitern
- Weitere Modellierungstechniken analysieren
- Ergonomie bei der Produktmodellerstellung (vgl. Softwareergonomie)
- Wie sieht die Abbildung individueller Produkte aus? (SFB 582 – Marktnahe Produktion individualisierter Produkte)
- Flexibler Aufbau
- Welche Verknüpfungsmöglichkeiten ergeben sich bei kombinierten Funktions-Bauteilstrukturen
- Vereinigung von Produkt- und Prozessmodell
- Datenkonsistenz sicherstellen (interessiert sich jeder für alles?, was muss konsistent gehalten werden?)
- Zusammenführung der individuellen Produktmodelle



### Kontakt

Dipl.-Ing. Daniel Karl Fuchs  
Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 15  
85748 Garching

Telefon: 089-289-15143  
Fax : 089-289-15144  
Email: fuchs@pe.mw.tum.de