

Vorlesung

Engineering-Prozesse in der Automobilindustrie (EPA)

Prof. Dr.-Ing. Frank Lobeck



Organisatorisches

Prof. Dr.-Ing. Frank Lobeck

Fakultät für Ingenieurwissenschaften

Universität Duisburg-Essen

Virtuelle Produktentwicklung

Web: www.uni-due.de/vip

Email: Frank.Lobeck@uni-due.de

Spezialgebiete:

CAD, CAM, CAE, PDM, PLM

Dienstleistungen:

Beratung, Gutachten, Anwendungsentwicklung, Web-Entwicklung

20+ Jahre Erfahrung im Einsatz von CAD/CAM/CAE und PDM Systemen

20 + Jahre Erfahrung in der Entwicklung von CAD Anwendung und PLM Systemkomponenten

15 Jahre Erfahrung in der Integration von CAD Anwendung und PLM Systemen

Promotion und Habilitation im Bereich PLM

Im Themenbereich CAx / PDM / PLM langjährige Erfahrung in der Lehre und in Industrieprojekten

Organisatorisches

Übungen / Organisation:

Dipl.-Ing. Andreas Weissmann, Email: Andreas.Weissmann@uni-due.de

- Aktuelle Informationen und Ankündigungen: www.uni-due.de/vip
- Übungen: PC-Raum Keetmanstr. 3, SK-U111
- SW Studentenversion: ->

- **Einleitung**
- Produktentwicklung – Engineering IT-Systeme
- CAD – Systeme
 - Parametrik / Featuretechnologie
 - Datenstrukturen
- PDM / PLM Grundlagen
 - Keytech PLM
- CAD – CAx
- Abgrenzung PLM / ERP
- CAx
- Beispiele für Engineering IT-Projekte „im Automotive“
 - CRM (Customer Relationship Management)
 - Web-Portal für Konfigurator

Einleitung: PDM/PLM



Der Begriff „Produkt“

Produkt (nach VDI-Richtlinie 2221)

Erzeugnis, das als Ergebnis des Entwickelns und Konstruierens hergestellt oder angewendet wird. Das können materielle (z. B. Maschinen, Verfahren) oder auch immaterielle Erzeugnisse (z. B. Programme) sein.

Produkt (nach DIN EN ISO 8402)

Ein Produkt ist das Ergebnis von Tätigkeiten und Prozessen.

Produkt (nach DIN ISO 10303)

Sache oder Substanz, die durch einen natürlichen oder künstlichen Prozess hergestellt wird.

Product (nach ANSI Standard Z94.0-1989)

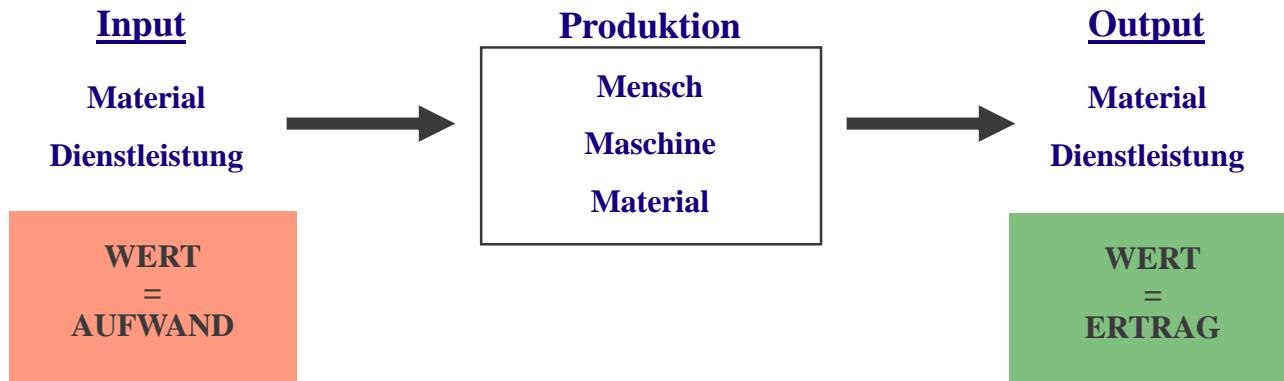
Any commodity produced for sale.



Keine weitergehende Differenzierung des Begriffes „Produkt“

Quelle: Bergers, Vorlesungsskript „Produkt Engineering“

Der Begriff „Wertschöpfung“



Der Aufwand ist die Wertmenge
der verbrauchten Güter oder Leistungen
in einer bestimmten Periode
(Jahr/Quartal/Monat)

Der Ertrag ist die Wertmenge
der produzierten Güter oder Leistungen
in einer bestimmten Periode
(Jahr/Quartal/Monat)

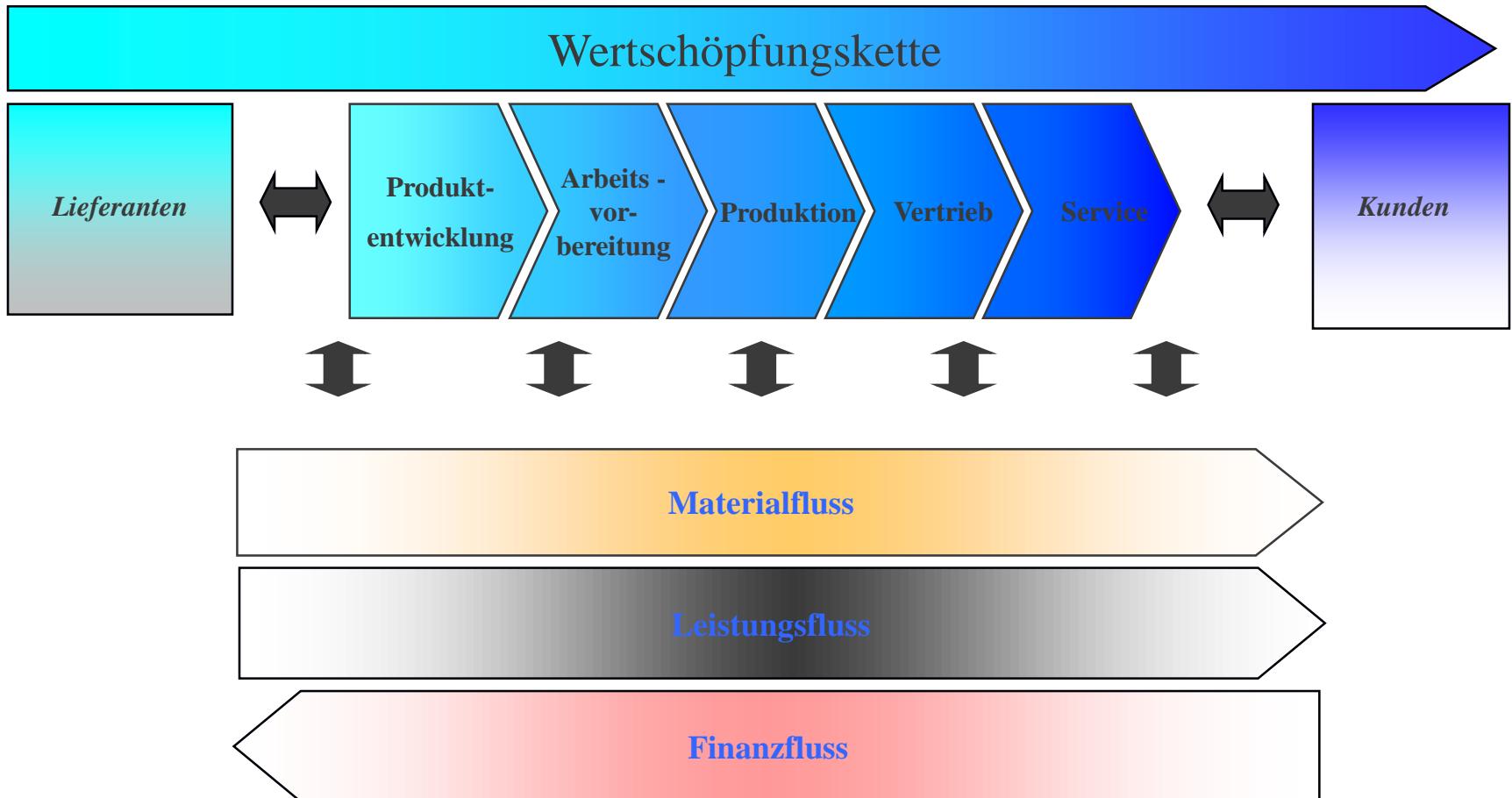
$$\text{WIRTSCHAFTLICHKEIT } W = \frac{\text{ERTRAG}}{\text{AUFWAND}}$$

Wirtschaftlichkeit ist gegeben, wenn $W > 1$.

→ „Wertschöpfung“

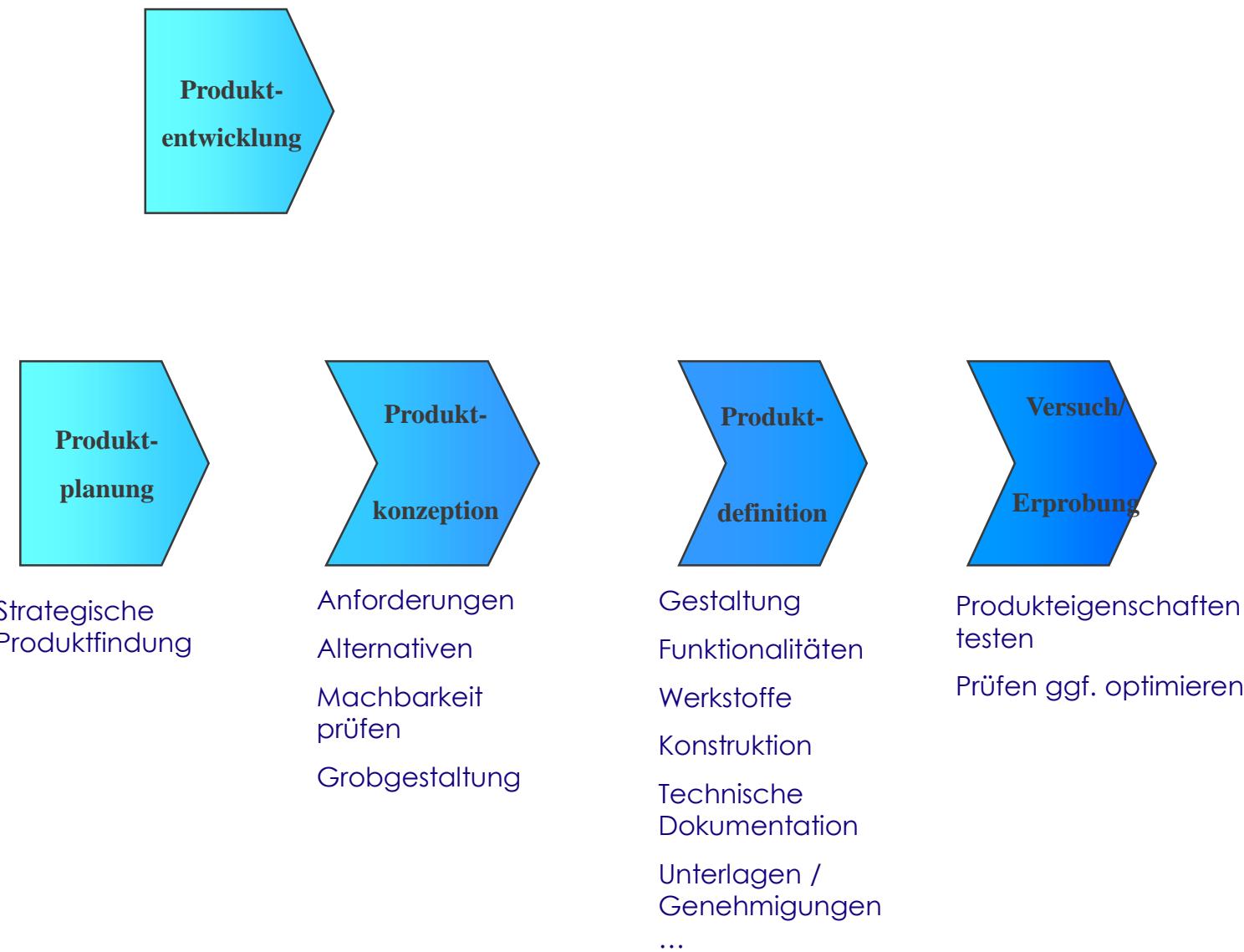
Quelle: Bergers, Vorlesungsskript „Produkt Engineering“

Die Wertschöpfungskette



Quelle: Bergers, Vorlesungsskript „Produkt Engineering“

Produktentwicklungsprozesse



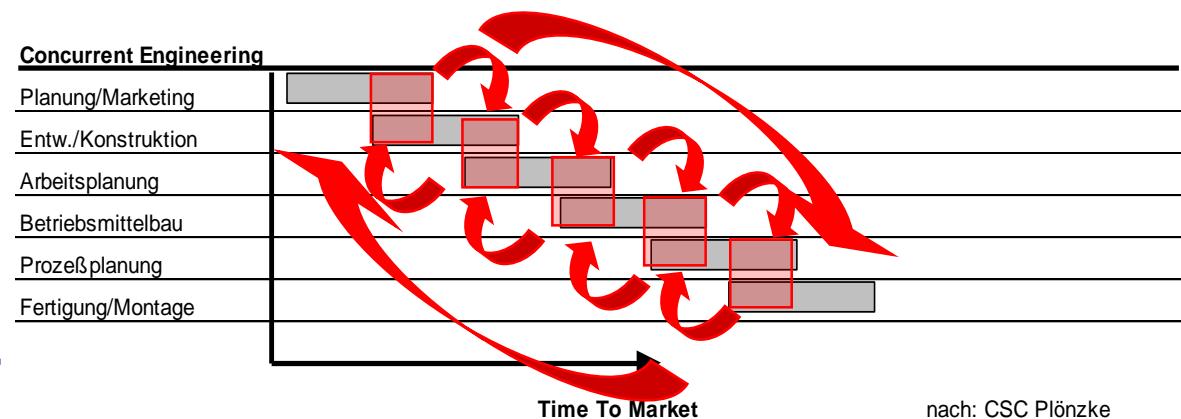
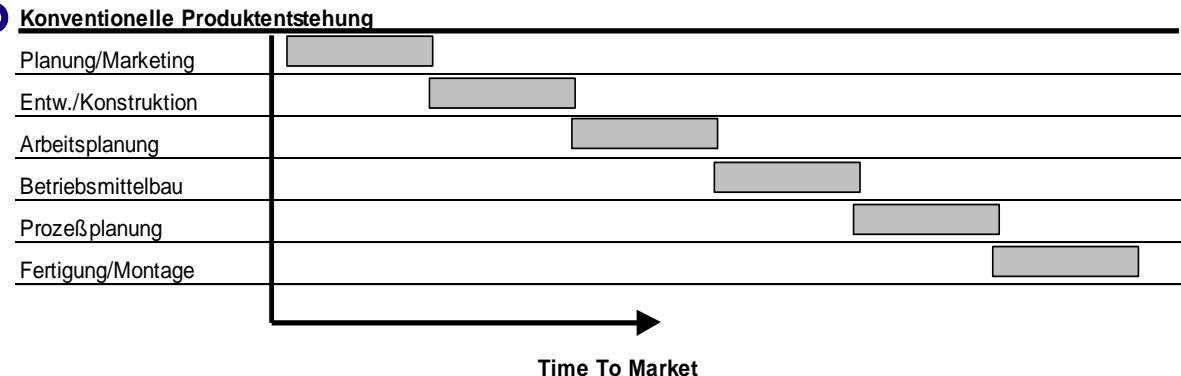
Was ist PDM?

Zunehmende Globalisierung und verschärfter Wettbewerb zwingen die Unternehmen zu immer kürzeren Produktentwicklungszyklen

Verschärfter Wettbewerb



**Verkürzung der
Produktentwicklungszeit**



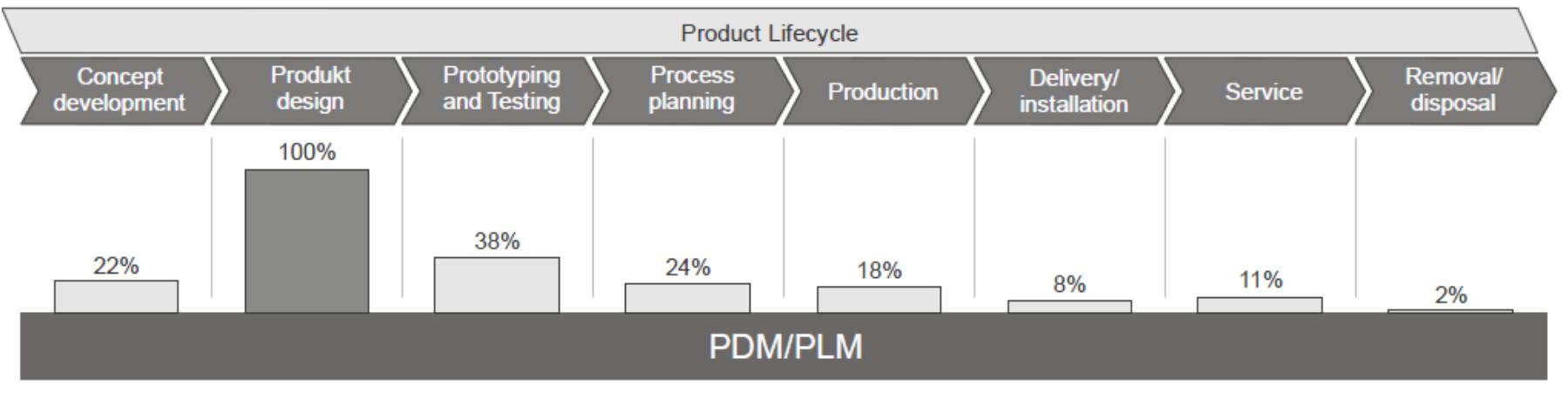
nach: CSC Plönzke

- 47% der beantragten ISO Zertifizierungen scheitern wegen mangelhafter Dokumentenverwaltung *
- Zwischen 3% und 7% des technischen Knowhows gehen jedes Jahr verloren wegen falsch abgelegter Engineering Dokumente *
- 20% der Entwicklungszeit wird verwendet für die Suche nach der richtigen Version einer Produktinformation**

* ***British Standards Institute***

** ***CIMdata***

Nutzenpotential von PLM



Das grösste Nutzenpotential wird heute immer noch im Bereich der Produktentwicklung (hier in erster Linie die Konstruktion) gesehen.

Quelle: Abramovici, M.; Schulte, S. et al.: Benefits of PLM – Nutzenpotentiale des PLM in der Automobilindustrie, Benchmark Studie, IBM Verlag, Frankfurt 2004

Erwartungen an PLM



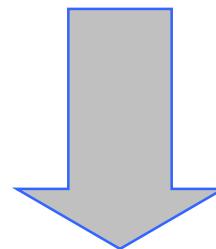
Das Management erwartet strategische Verbesserungen.

- messbare wirtschaftliche Faktoren
- nicht direkt quantifizierbare Faktoren

Quelle: Dasberg, J.: Product Innovation Framework, accenture 01.05.2008

Ziele von PDM

- Verkürzung der „Time To Market“
- Qualitätssicherung, Produkthaftung, Dokumentation des Produktes
 - Concurrent Engineering
- Erhöhung der Wiederverwendung -> Standardisierung
 - Verfügbarkeit von Informationen
- flexible und schnelle Reaktion auf Anforderungen des Marktes
 - Reduzieren der Teilevielfalt
 - Vermeidung von redundanten Daten



Ein PDM-System verwaltet alle Daten, die zur gesamten Lebenszeit eines Produktes anfallen an zentraler Stelle.

Einsatzgebiete von PDM

- Maschinen- und Anlagen, Fertigungsindustrie
 - Elektro- und Elektronikunternehmen
 - Energieversorgungsunternehmen
 - KFZ-Zulieferer
 - Telekommunikation
 - Luft- und Raumfahrt
- Ingenieurbüros, Dienstleistungs- und Softwareunternehmen

Problemstellung

Teilbereiche der Produktentwicklung:

Durch Einsatz von EDV-Systemen:

Verkürzung der Bearbeitungszeit bei Verbesserung der Ergebnisse

Beispiel: Konstruktion -- CAD-Systeme

Gesamter Entwicklungsprozeß:

Grenze des Optimierungspotentials erreicht.

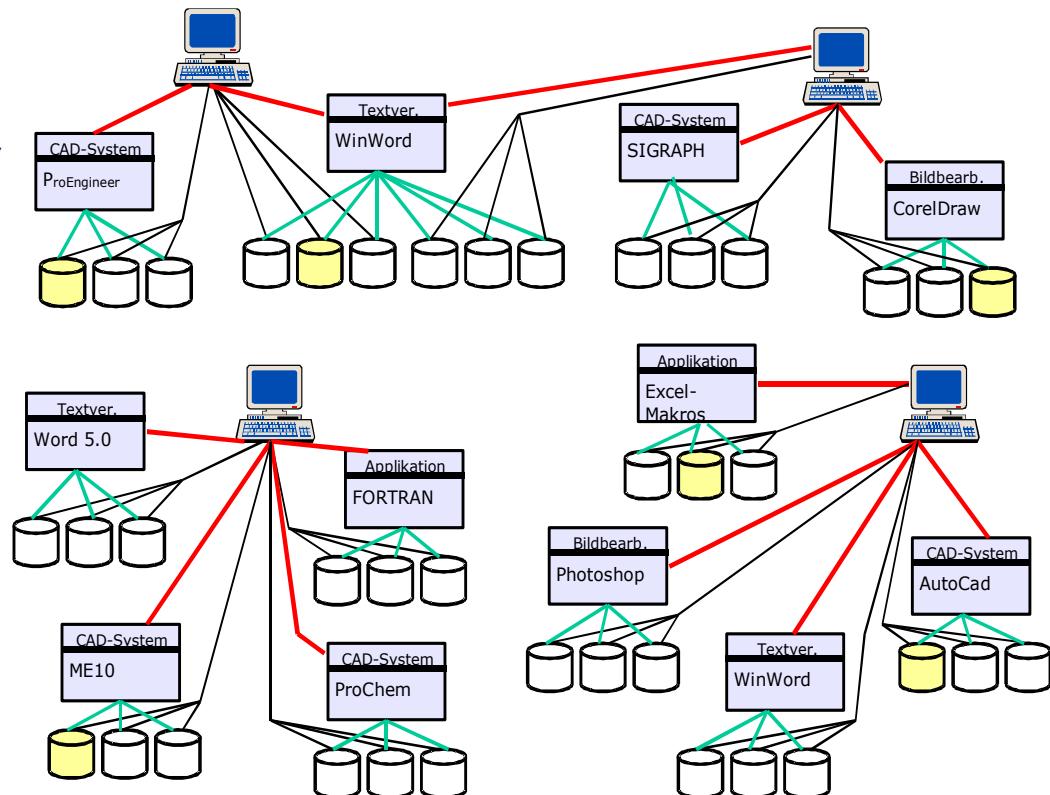
**Vielzahl von Anwendungsprogramme generieren große
Datenmengen**

**Verwaltung dieser Datenmengen wird von den Systemen nicht
unterstützt**

**Fehlende Schnittstellen zwischen heterogenen Systemen stellen
Engpaß für Concurrent Engineering dar**

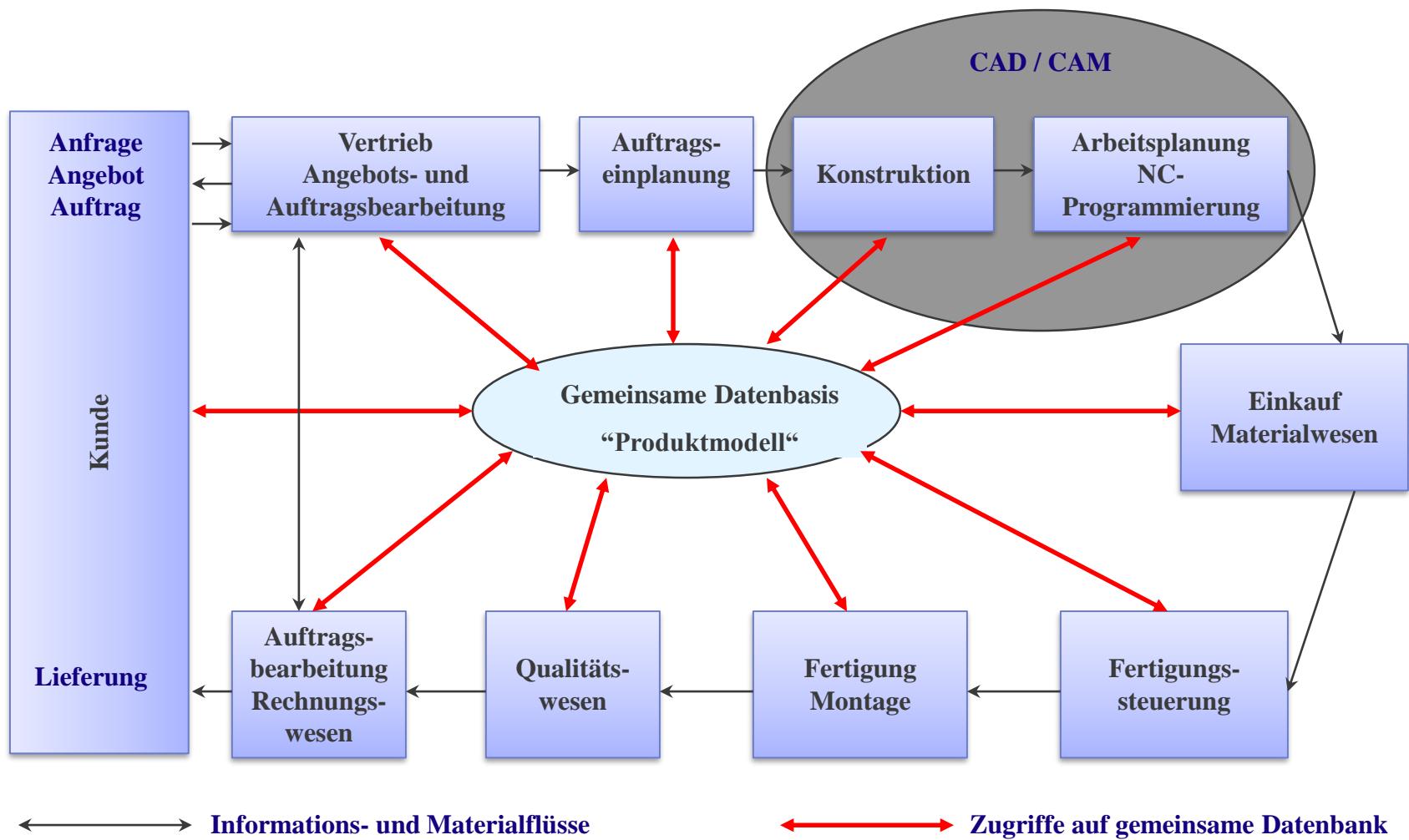
Konventionelle Arbeitsweise

- Unterschiedliche Verfahren in verschiedenen Abteilungen
- Vielzahl von EDV-Programmen
- CAD: z.B.: SIGRAPH, ProEngineer, Autocad, ME10
- BS: MacIntosh, Windows NT, BS2000, Unix
 - Office: MS-Office, Interleaf,...
 - ...
- Keine EDV-Verbindung zwischen verschiedenen Standorten



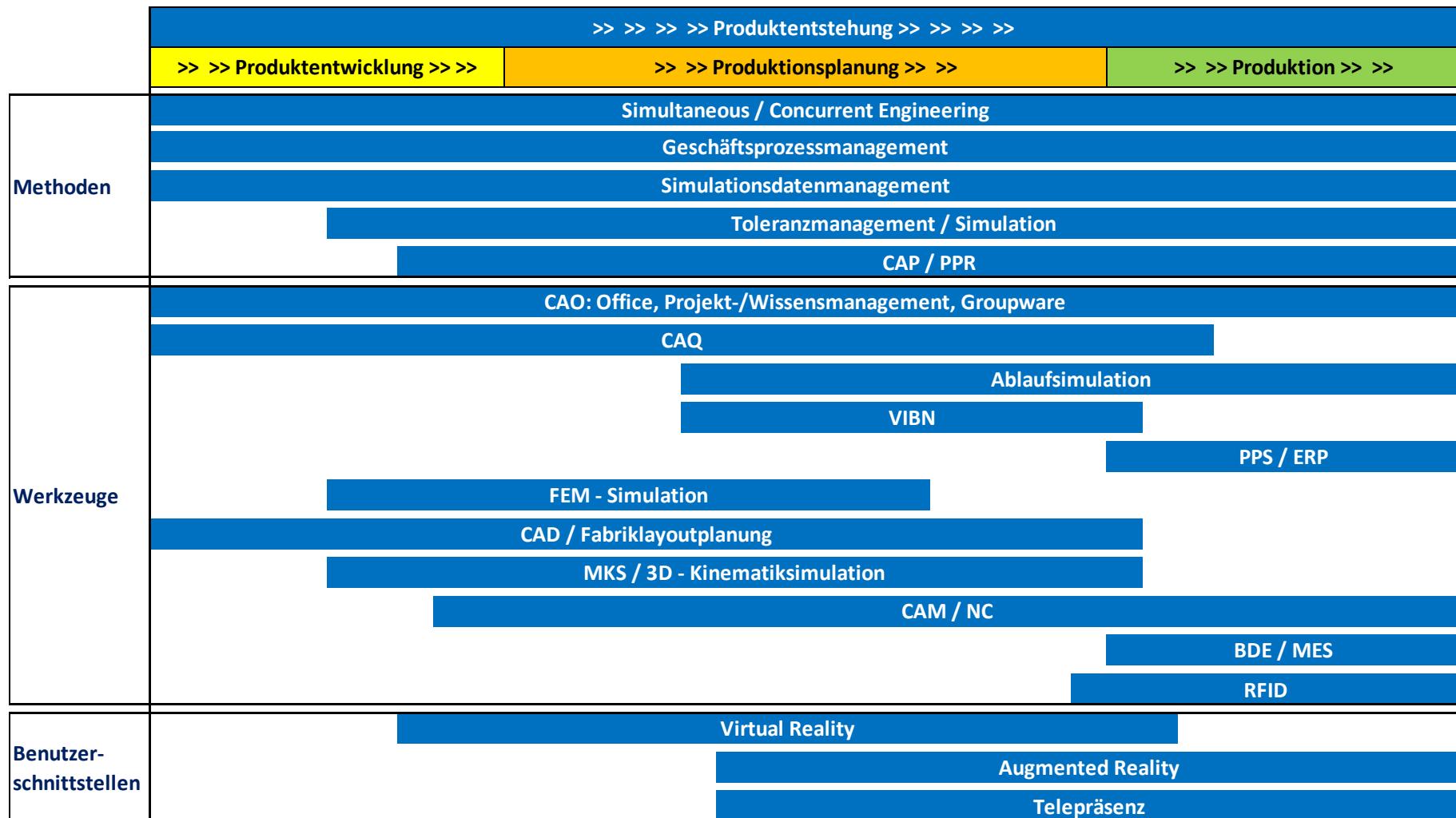
Insellösungen

Heutiges Ziel: Integrierte Datenverarbeitung mit gemeinsamer Datenbasis



Quelle: Henning

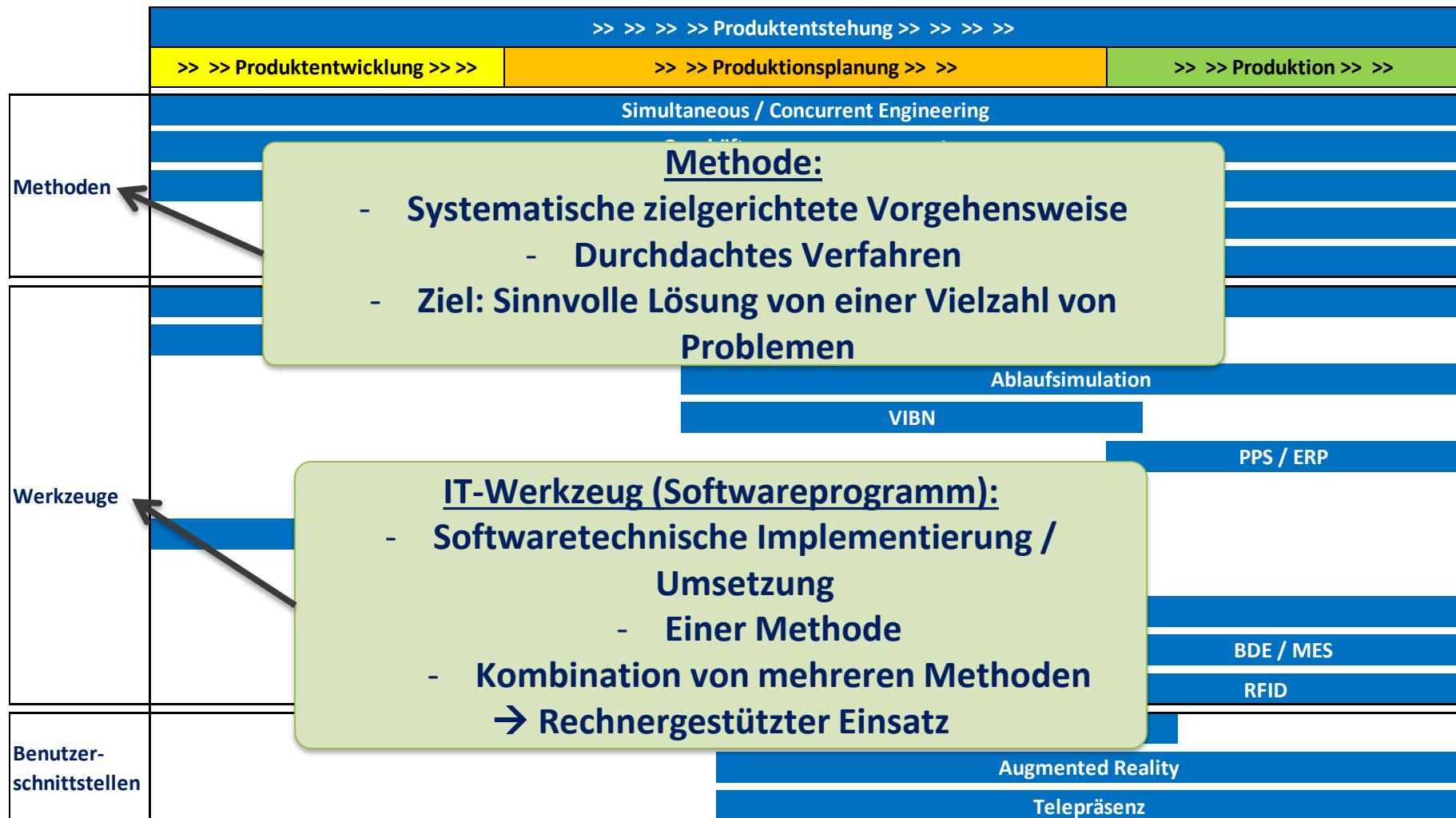
Werkzeuge und Methoden



Legende

3D	- Dreidimensional	CAQ	- Computer Aided Quality Assurance	PPR	- Produkt-Prozess-Ressourcen
BDE	- Betriebsdatenerfassung	ERP	- Enterprise Resource Planning	PPS	- Produktionsplanung und -steuerung
CAD	- Computer Aided Design	FEM	- Finite-Elemente-Methode	RFID	- Radio Frequency Identification
CAM	- Computer Aided Manufacturing	MES	- Manufacturing-Execution-System	VIBN	- Virtuelle Inbetriebnahme
CAO	- Computer Aided Office	MKS	- Mehrkörpersimulation		- Phase
CAP	- Computer Aided Planning	NC	- Numeric Control		- Einsatzspanne der Technik

Werkzeuge und Methoden



Werkzeuge und Methoden

>>>>> Produktentstehung >>>>>

>>> Produktentwicklung >>>

>>> Produktionsplanung >>>

>>> Produktion >>>

Simultaneous / Concurrent Engineering

Geschäftsprozessmanagement

Simultaneous

Methoden

Simultaneous Engineering



PPS / ERP

BDE / MES

RFID

Werkzeuge

Benutze-
schnittstelle

Legende

3D

BDE

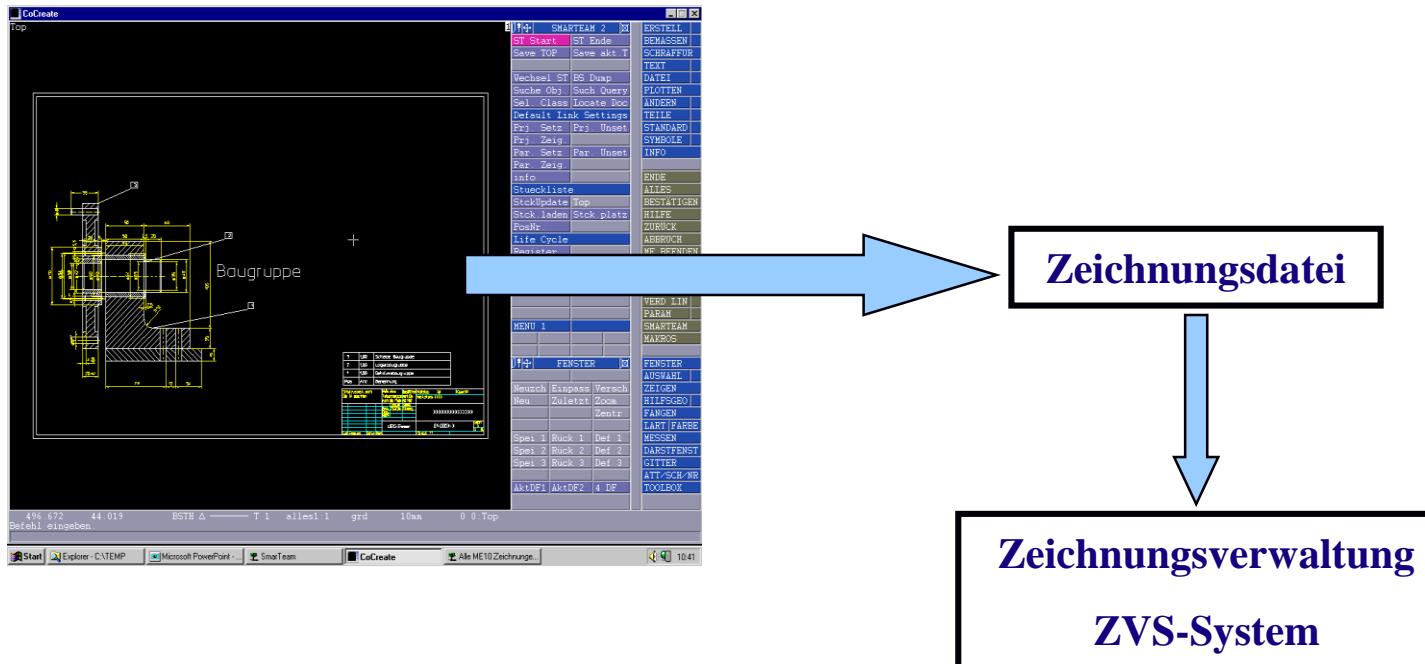
CAD

CAM

CAO

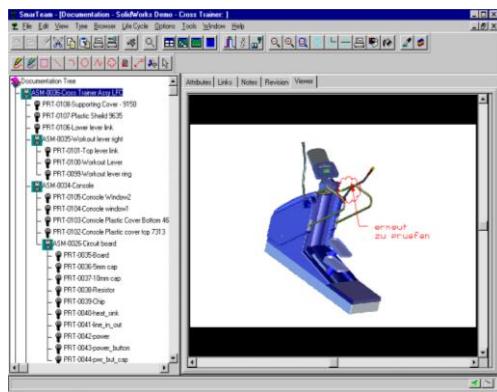
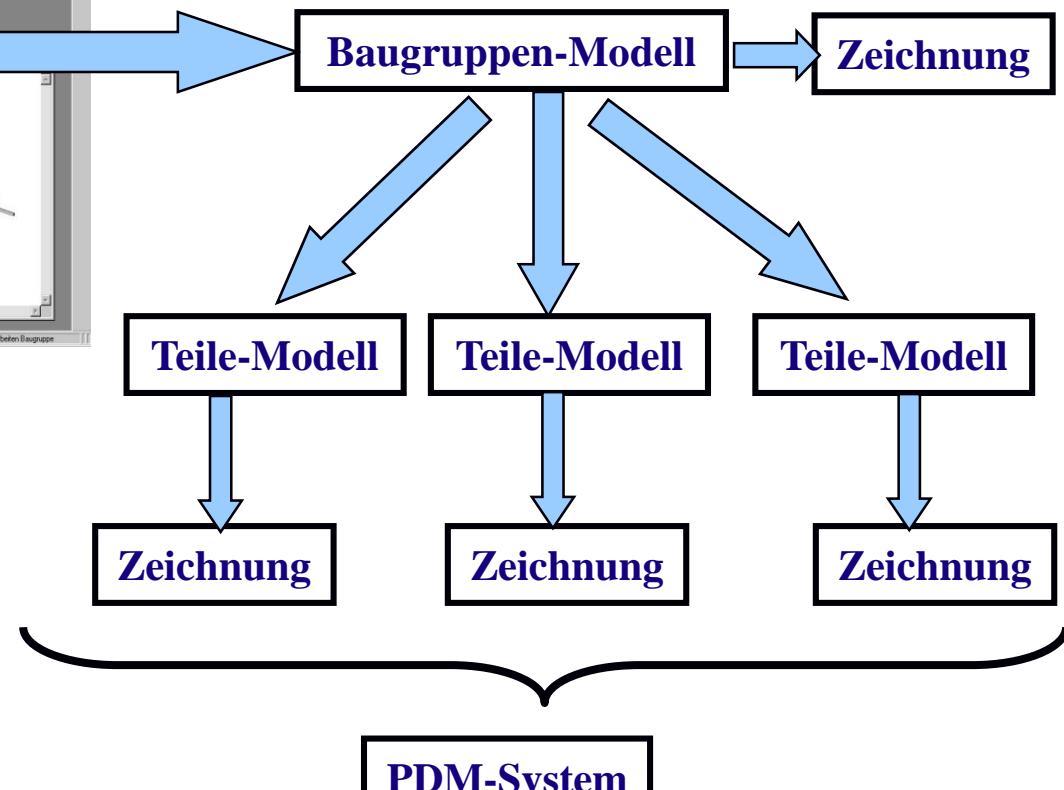
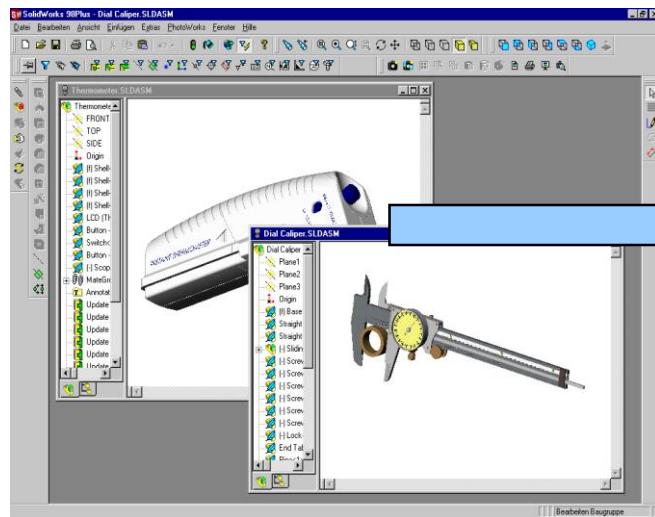
CAP

Historisch: Verwaltung von 2D-CAD



Zeichnungs-Nr.	Teile-Nr.	Änderungs-Index	Version	Ersteller	Maßstab	Format
ZE-99-2879877	N-17675	4	A	Meier	1:1	A3Q
ZE-00-0203878	K-94744	0	C	Rems	1:2	A1Q
ZE-98-9508678	N-09458	1	A	Meier	1:1	A3H
ZE-00-0298857	N-43980	3	D	Meier	1:1	A4H
ZE-00-0205968	N-B4955	1	B	Meier	1:1	A0Q
ZE-00-4607748	N-98850	1	E	Meier	1:1	A3Q

Notwendigkeit für PDM: 3D-CAD



Und was ist jetzt PDM?

Historisch haben sich PDM-Systeme als Folge des Einsatzes von 3D-CAD Systemen entwickelt.

Gleichzeitig haben Aspekte des CIM* Eingang in PDM-Systeme gefunden.

An PDM bzw. PLM werden viele verschiedenartige Erwartungen geknüpft.

PLM stellt viele komplexe Funktionalitäten bereit.

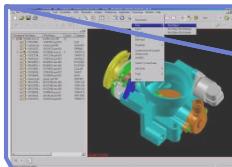
PDM / PLM lässt sich nur mit Hilfe der IT-Umgebung in der Produktentwicklung erklären.

- Einleitung
- **Produktentwicklung – Engineering IT-Systeme**
- PDM / PLM Grundlagen
 - Keytech PLM
- CAD – Systeme
 - Parametrik / Featuretechnologie
 - Datenstrukturen
- CAD – CAx
- Abgrenzung PLM / ERP
- CAx
- Beispiele für Engineering IT-Projekte „im Automotive“
 - CRM (Customer Relationship Management)
 - Web-Portal für Konfigurator

IT-Systeme im Engineering



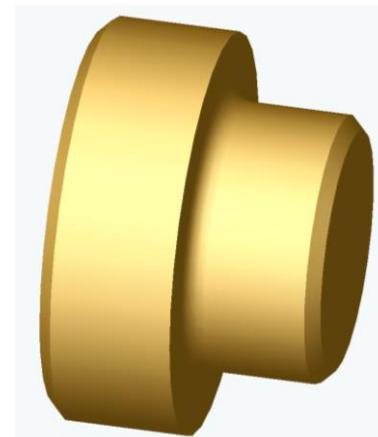
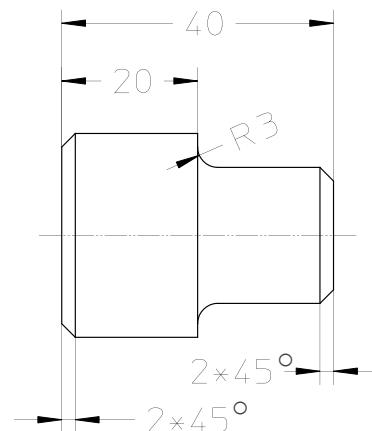
CAD



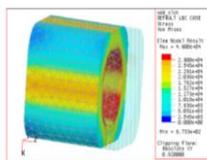
CAM



CAD: Computer Aided Design



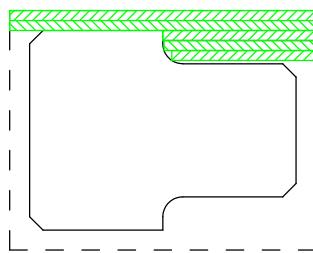
CAE



CAD



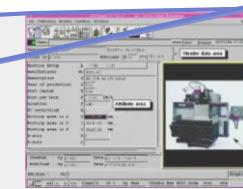
CAM: Computer Aided Manufacturing



```
PARTNO/WELLE  
MACHIN/NC-DREH-100  
  
CONTUR BLANCO  
BEGIN /0,0 YLARGE,PLAN,0  
RGT/DIA,5,0  
RGT/PLAN,30  
RGT/DIA,0  
  
TERMCO  
  
CONTUR/PARTCO  
BEGIN/5,5,YLARGE,PLAN,5  
RGT/DIA,30  
LFT/PLAN,10  
M1,RGT/DIA,50  
GOTO
```



CAM

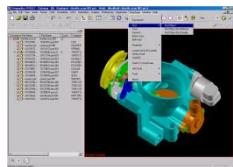


ERP



IT-Systeme in der Produktentwicklung

CAD

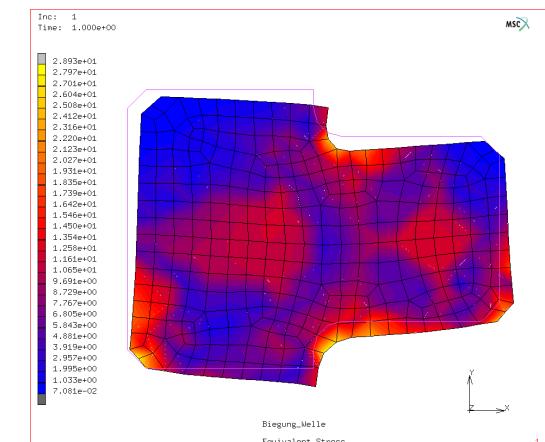
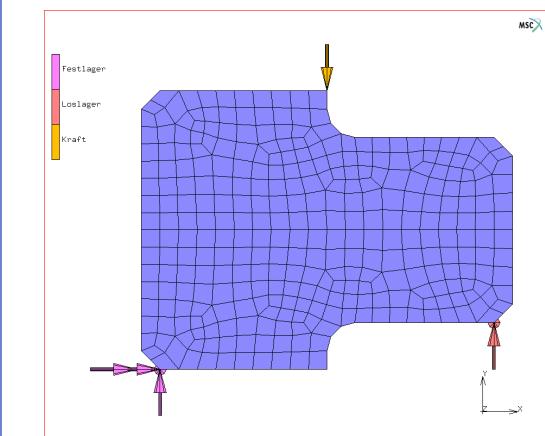
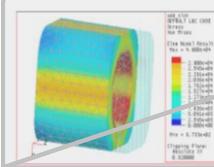


CAM

CAE: Computer Aided Engineering

FEM: Finite Elemente Methode

CAE



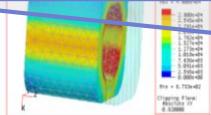
IT-Systeme in der Produktentwicklung

CAD

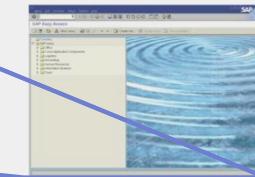
CAM

ERP: Enterprise Resource Planning

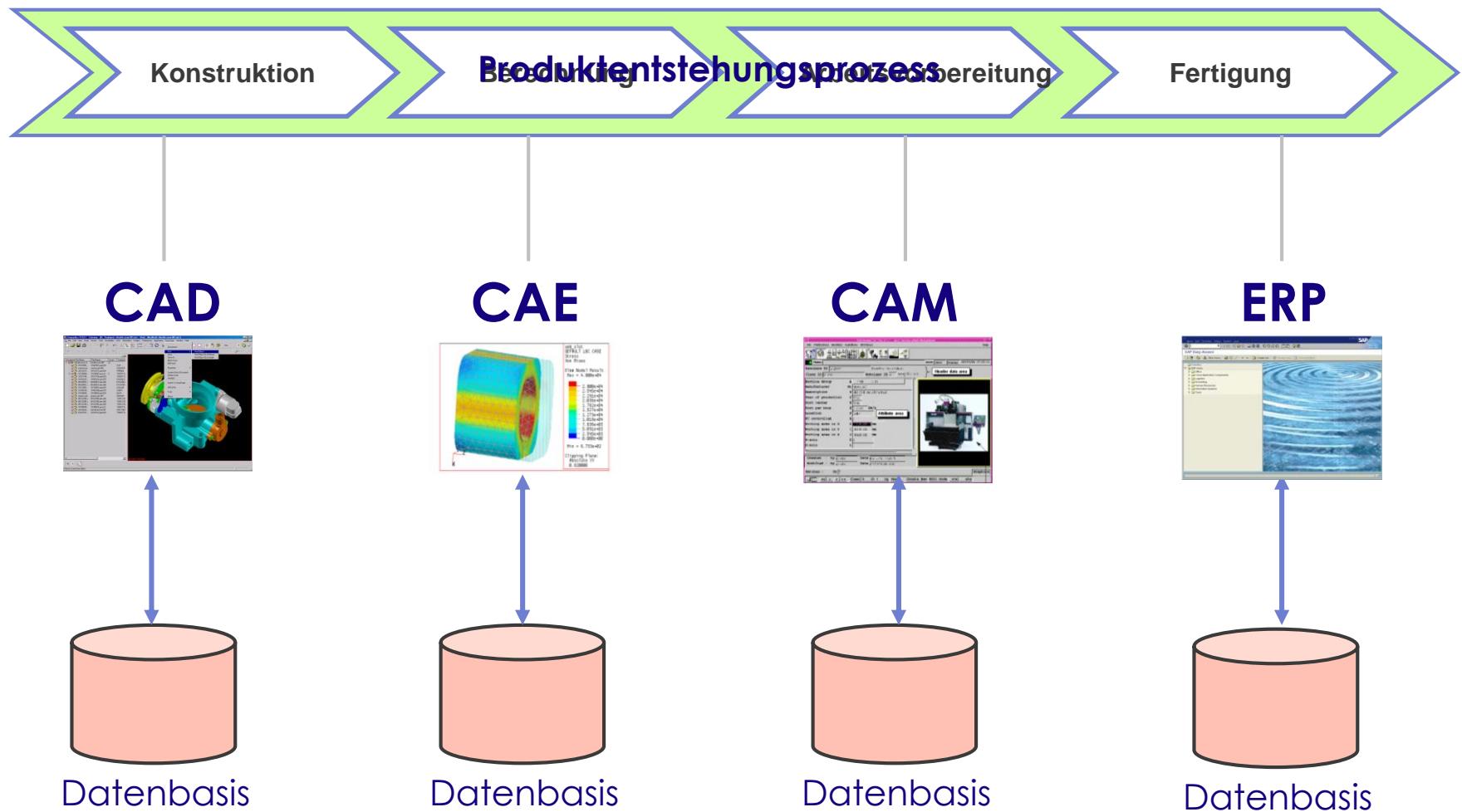
Auftragsgang	SOLL_Menge	gemessen	Datum	Pers. Nr.
Platzierungstechnik				
Klein verringern	3,08	3,08		
Klein erhöhen	3,08	3,08		
Höherlegen	10,72			
Fließen	20,67%	20,67%		
Schräglegen	0	0		
Schrägv. horizontal	0,02			
Statische Verteilung	10,72%	20,62%		
Verarbeitungs-a	20,27%	20,07%		
Fasernhebe	65	69		
Fließen	0			
Verringerung	0,19	0,19		
Stütz-Länge	16,59%	16,64%		
Stütz-Länge Beobacht	17,15%	17,15%		
Verarbeitungs-a	15,62%	15,62%		
Fasernhebe	7	6		
Fließen	0,75			
Verringerung	0,011	0,008		
Serviceklient (local)	91	89		
Fließen	0	0		
Verarbeitungs-a	0,02	0,02		
Stütz-Länge	33,02%	32,88%		
Stütz-Länge Beobacht	33,51%	33,37%		
Verarbeitungs-a	13,91%	13,91%		
Fasernhebe	64	62		
Fließen	0			
Verringerung	0,015	0,01		
Serviceklient (local)	101	101		
Fließen	0	0		
Verarbeitungs-a	0,02	0,02		
Serviceklient (local)	951	1409		
Fließen	9	7		
Verarbeitungs-a	0,02	0,02		
Gesamtkonfig	152,9	151,2		
Nett. Menge: 152,0000; Custo: 151; Pfeil: 0,0000; NO: 152000; GAP: 0,0000; Objekt: 152000; Pfeil: 0,0000				
Mfg.: 151; Mfg.: 152000; Custo: 151; Pfeil: 0,0000; NO: 152000; GAP: 0,0000; Objekt: 152000; Pfeil: 0,0000				
Stufen: Alpha; Mfg.: 151; Mfg.: 152000; Custo: 151; Pfeil: 0,0000; NO: 152000; GAP: 0,0000; Objekt: 152000; Pfeil: 0,0000				
a0,025+o15,002+o13,919 101,9 / 152,4				
Customer: Schild, CTT; Date: 10/09/2012; Version: 1.00				
Customer OrderID: 1999972063150002080-619377Y-001				



ERP

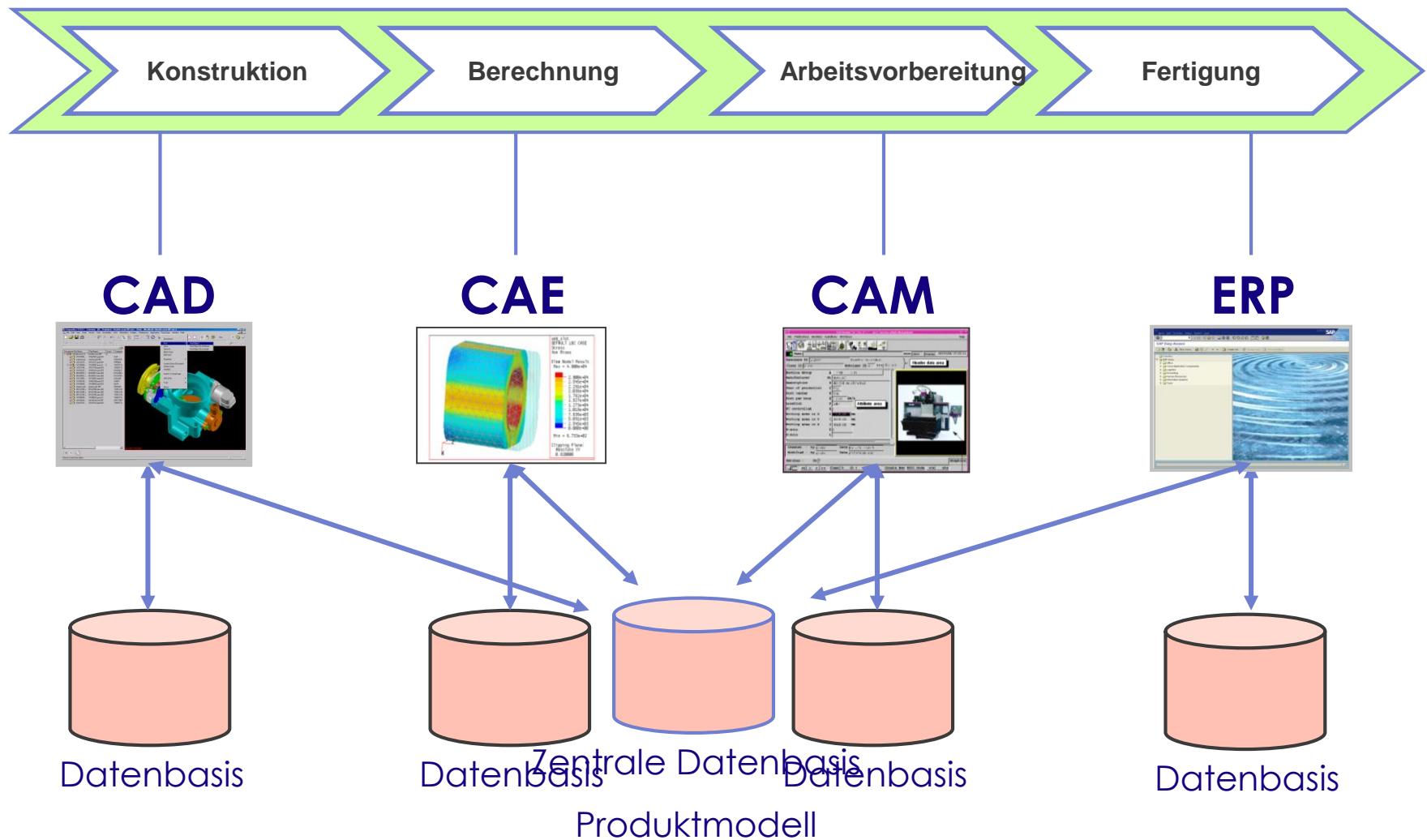


IT-Systeme in der Produktentwicklung



IT-Systeme in der Produktentwicklung

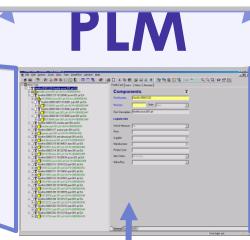
Integration durch Produktmodell



PLM als Integrationsmittelpunkt

PLM: Product Lifecycle Management
PDM: Product Data Management
EDM: Engineering Data Management

Unter Product Lifecycle Management oder kurz **PLM** versteht man die ganzheitliche Verwaltung aller Daten, die während des gesamten Lebenszyklus eines Produktes anfallen. Dies beinhaltet die Fähigkeit alle Prozesse der Bearbeitung sowie den Informationsfluß zu steuern und zu kontrollieren.



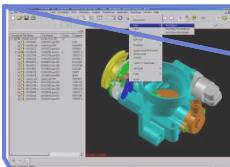
Datenbasi

CAD-Systeme



IT-Systeme in der Produktentwicklung

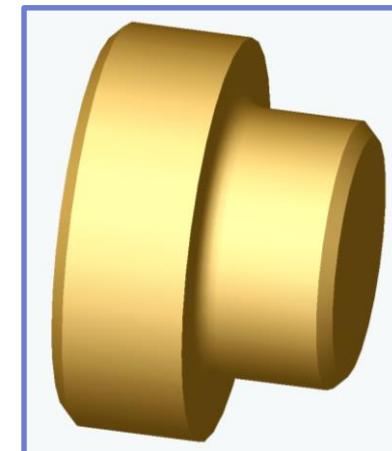
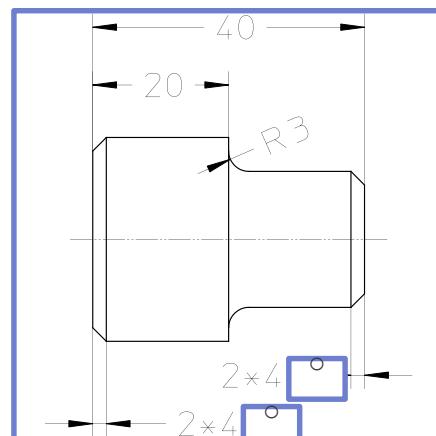
CAD



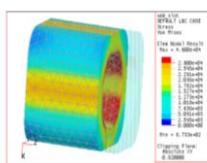
CAM



CAD: Computer Aided Design



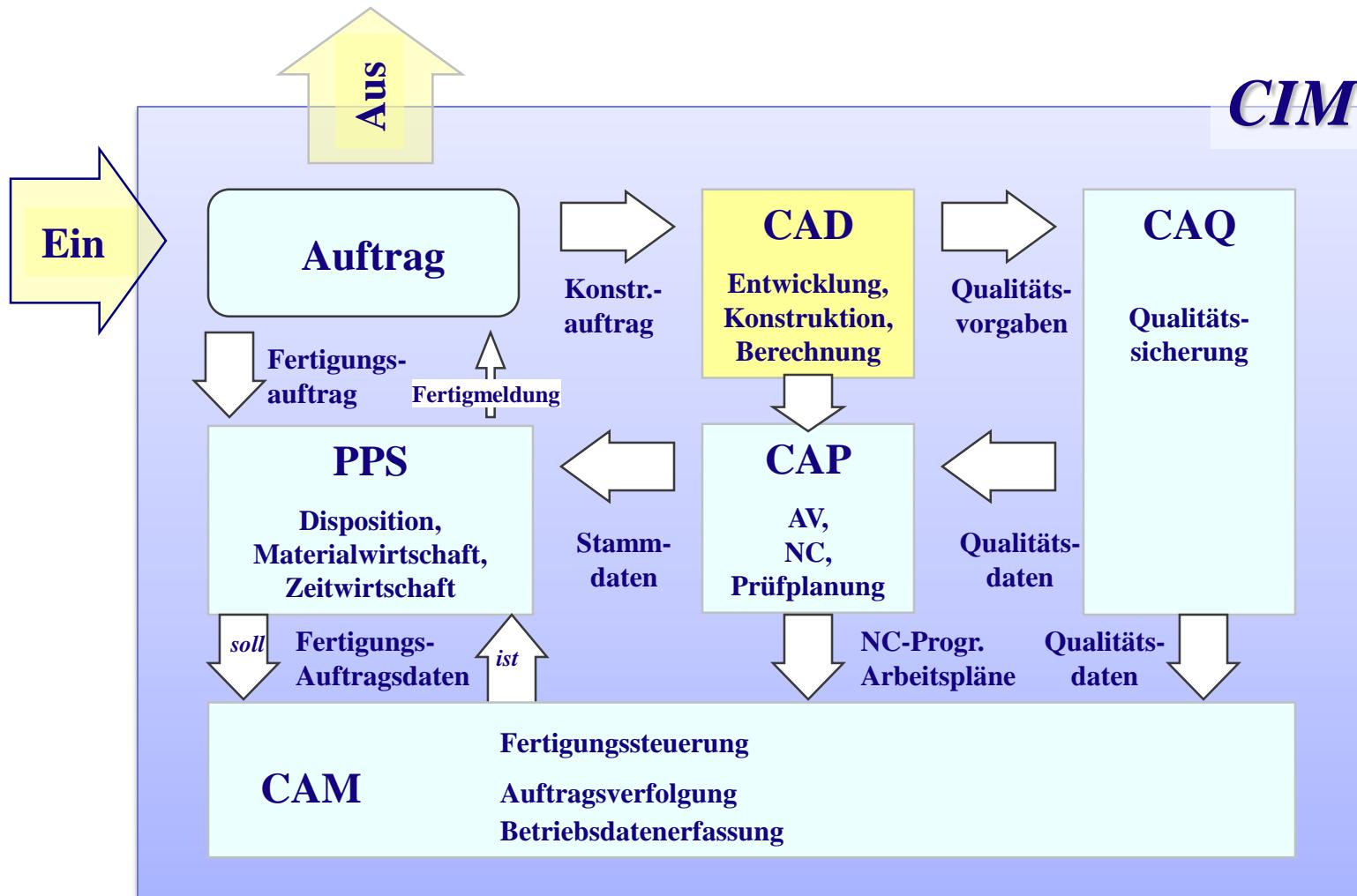
CAE



Grundlagen CAD

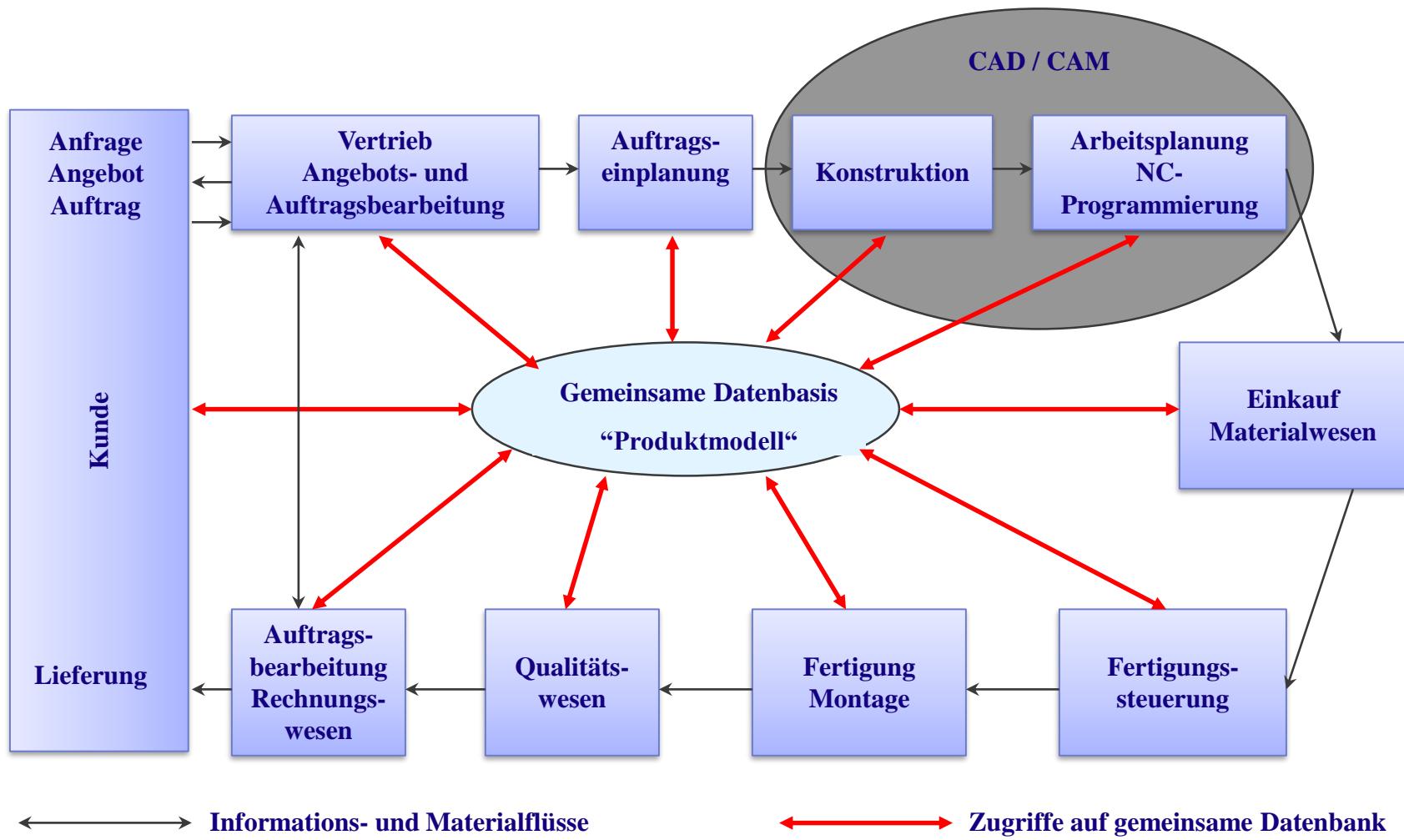


CAD im CIM-Verbund



Quelle: Eigner /Maier

Heutiges Ziel: integrierte Datenverarbeitung mit gemeinsamer Datenbasis



Quelle: Henning

Ingenieuraufgaben im CAD-Umfeld



Einsatz von CAD in der Produktentwicklung

Planen

-

Konzipieren

- Festlegen von Teilfunktionen und Suchen nach Lösungsprinzipien sowie Bausteinen zur Erfüllung der Funktionen
- Kombinieren der Lösungsprinzipien/Bausteine zum Erfüllen der Gesamtfunktion
- Erarbeiten von Konzeptvarianten

Entwerfen

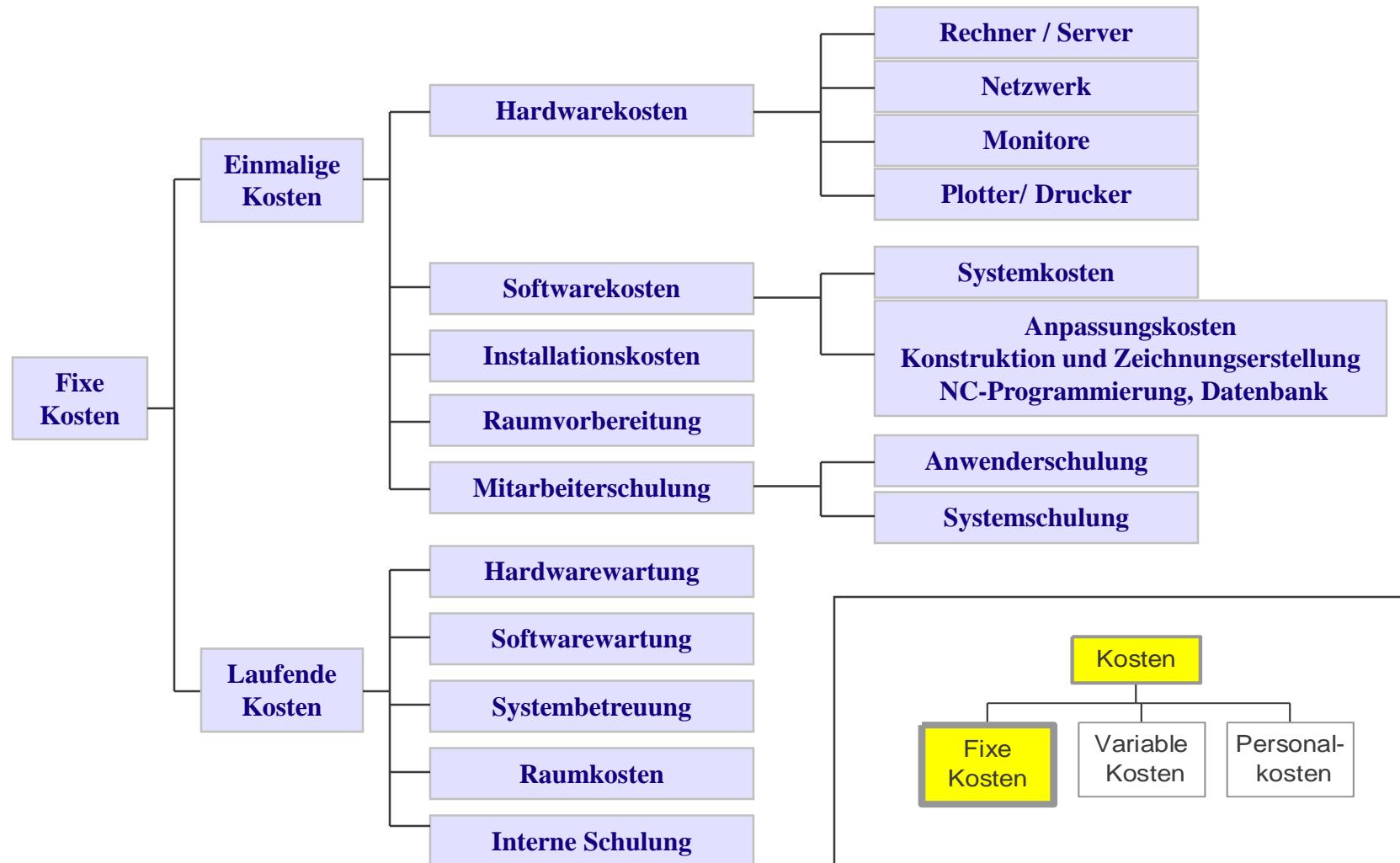
- Erstellen eines maßstäblichen Entwurfs
- Gestalten und Optimieren der Einzelteile

Ausarbeiten

- Erstellen von Fertigungszeichnungen
- Ableiten von Stücklisten
- Informieren (z.B. Lieferantenzeichnungen, Projektmeetings ...)
- Dokumentieren (z.B. Erstellen von Montageanleitungen ...)

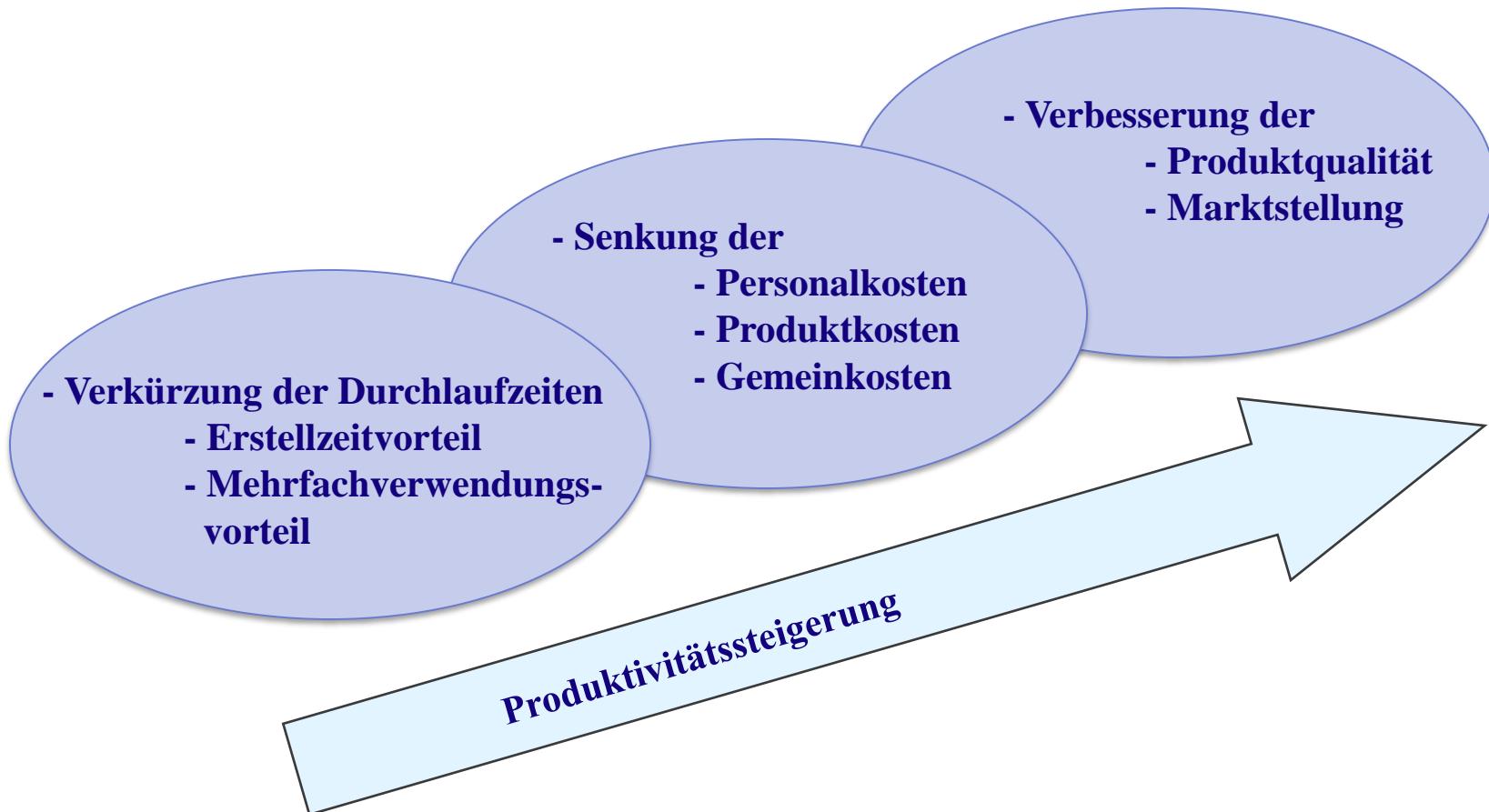
Ablauf nach VDI-Richtlinie 2222

Fixe Kosten des CAD-Einsatzes

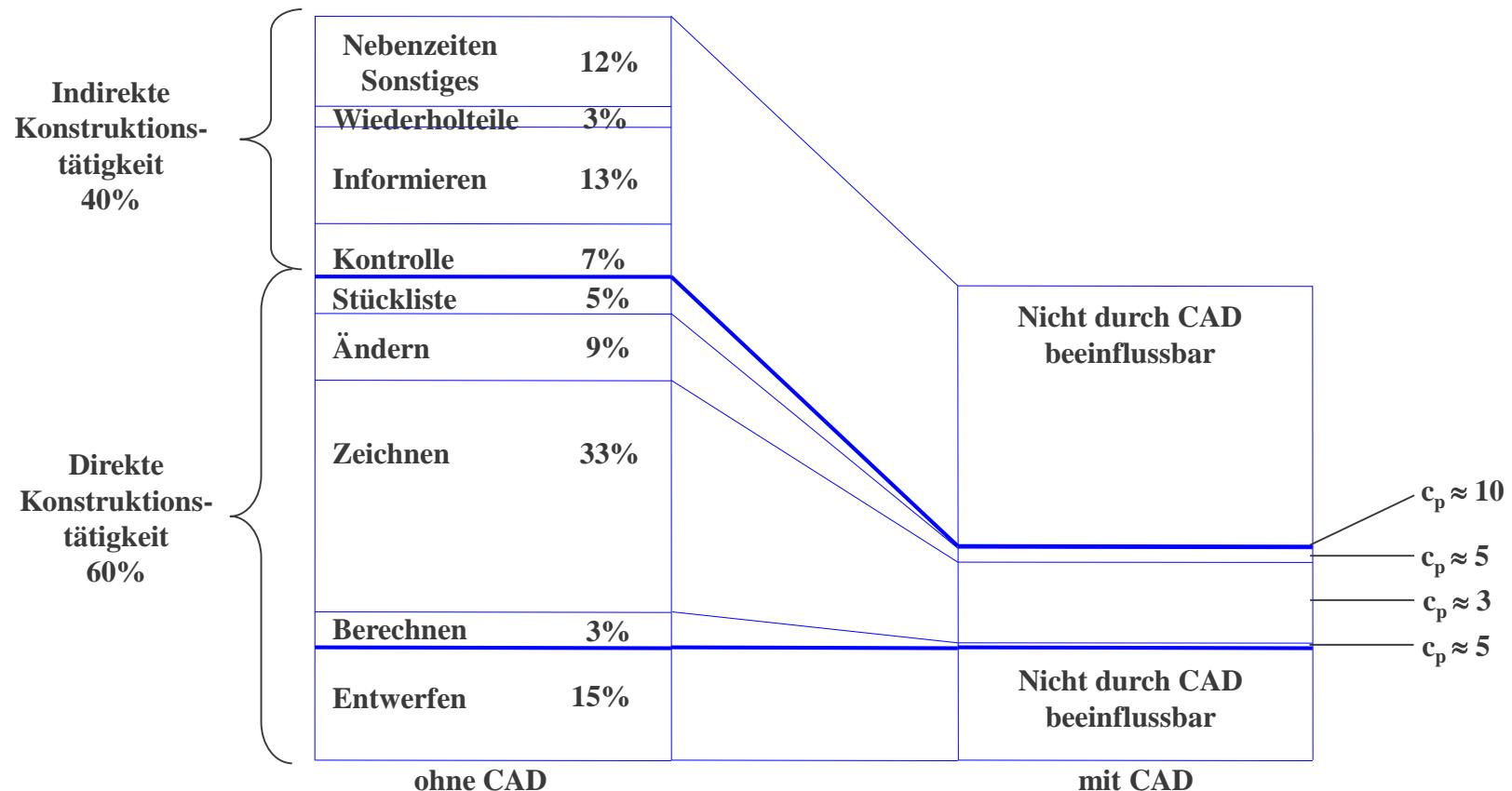


Quelle: Koch

Unternehmensvorteile durch CAD-Einsatz



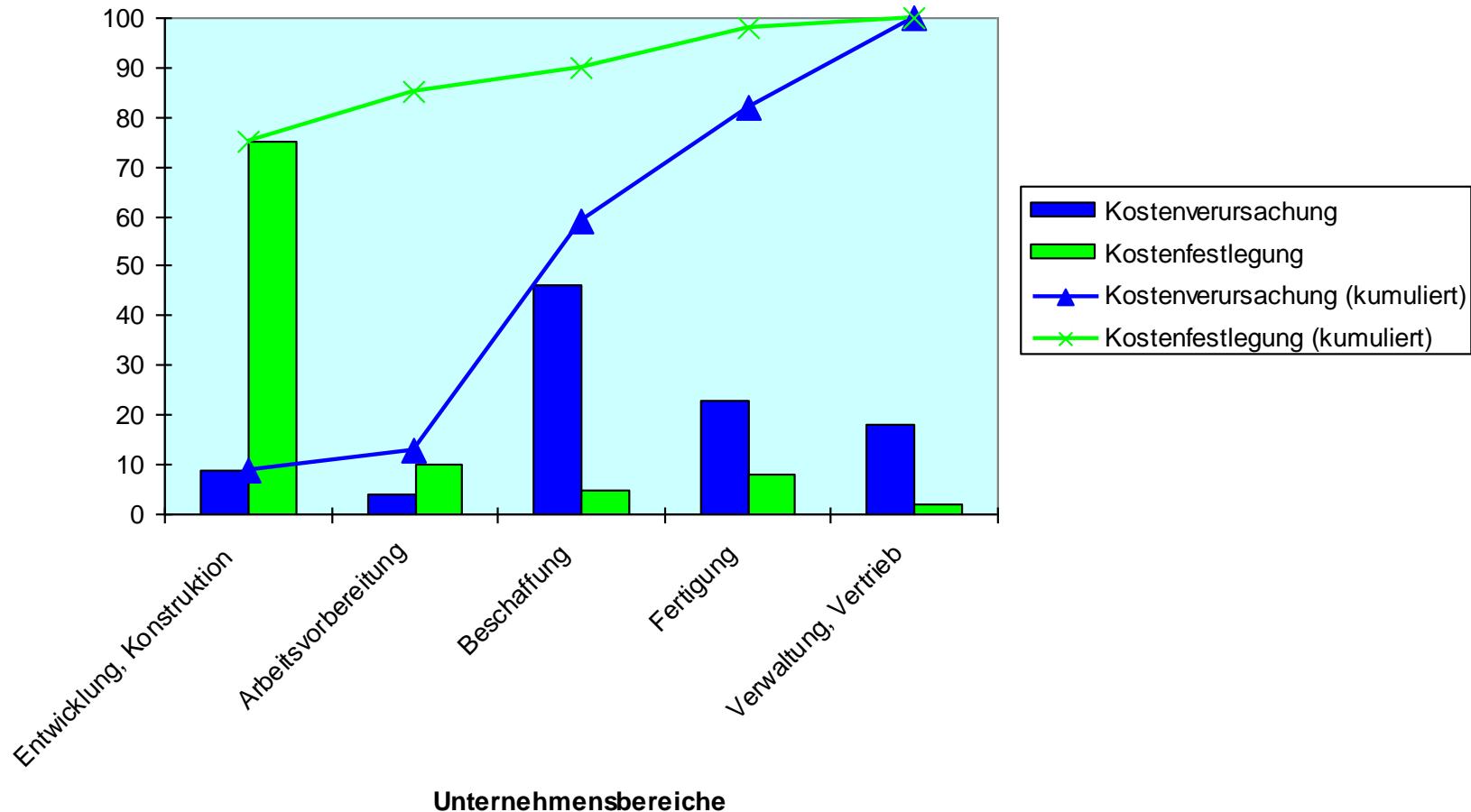
Auswirkungen des CAD-Einsatzes auf Tätigkeitsprofile



c_p : Produktivitätssteigerungs- bzw. Beschleunigungsfaktor

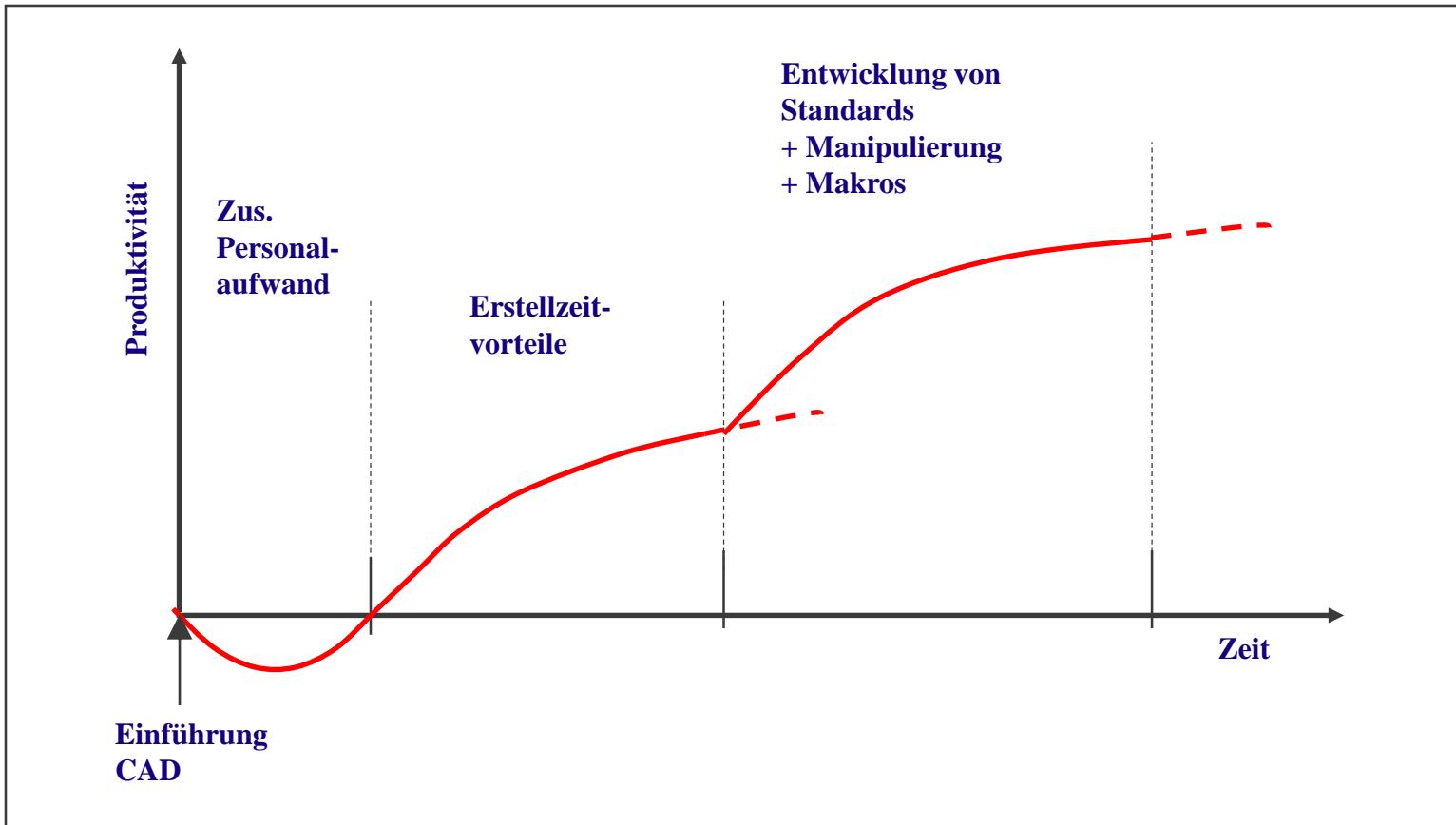
Quelle: Vajna, Weber, Schlingensiepen, Schlottmann CAD/CAM für Ingenieure, Vieweg-Verlag

Kostenfestlegung und -verursachung



Quelle: Vajna, Weber, Schlingensiepen, Schlottmann CAD/CAM für Ingenieure,
Vieweg-Verlag

Zeitliche Entwicklung der Produktivität



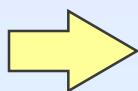
Quelle: Henning

Einsatz von 2D und / oder 3D

Vorteil 2D im
Konstruktionsprozess:

Erzeugung reiner 2D-Teile wie flache Blechteile oder
Schemazeichnungen sowie einfache
Rotationseinzelteile.

Hier stellt 3D einen zusätzlichen Aufwand dar, dem
kein Nutzen gegenübersteht.



Es ist daher wichtig, dass man mit einem
integrierten 2D/3D-CAD-System auch komfortabel
in 2D arbeiten kann.

Beurteilungsmerkmale von CAD-Systemen

Hardware: Systemart, Rechnertyp, Leistungskennzahlen, RAM, Grafikbeschleunigung, Plattspeicher, Bildauflösung und -wiederholfrequenz, Spezialhardware (Tablett), Ausbaufähigkeit, Anschlussmöglichkeiten, Vernetzung, Übertragungsraten, ...

Betriebssystem: Möglichkeiten, Geschwindigkeiten, Netzwerksoftware, Entwicklungs-potential, Aufwärtskompatibilität, Sicherheiten, ...

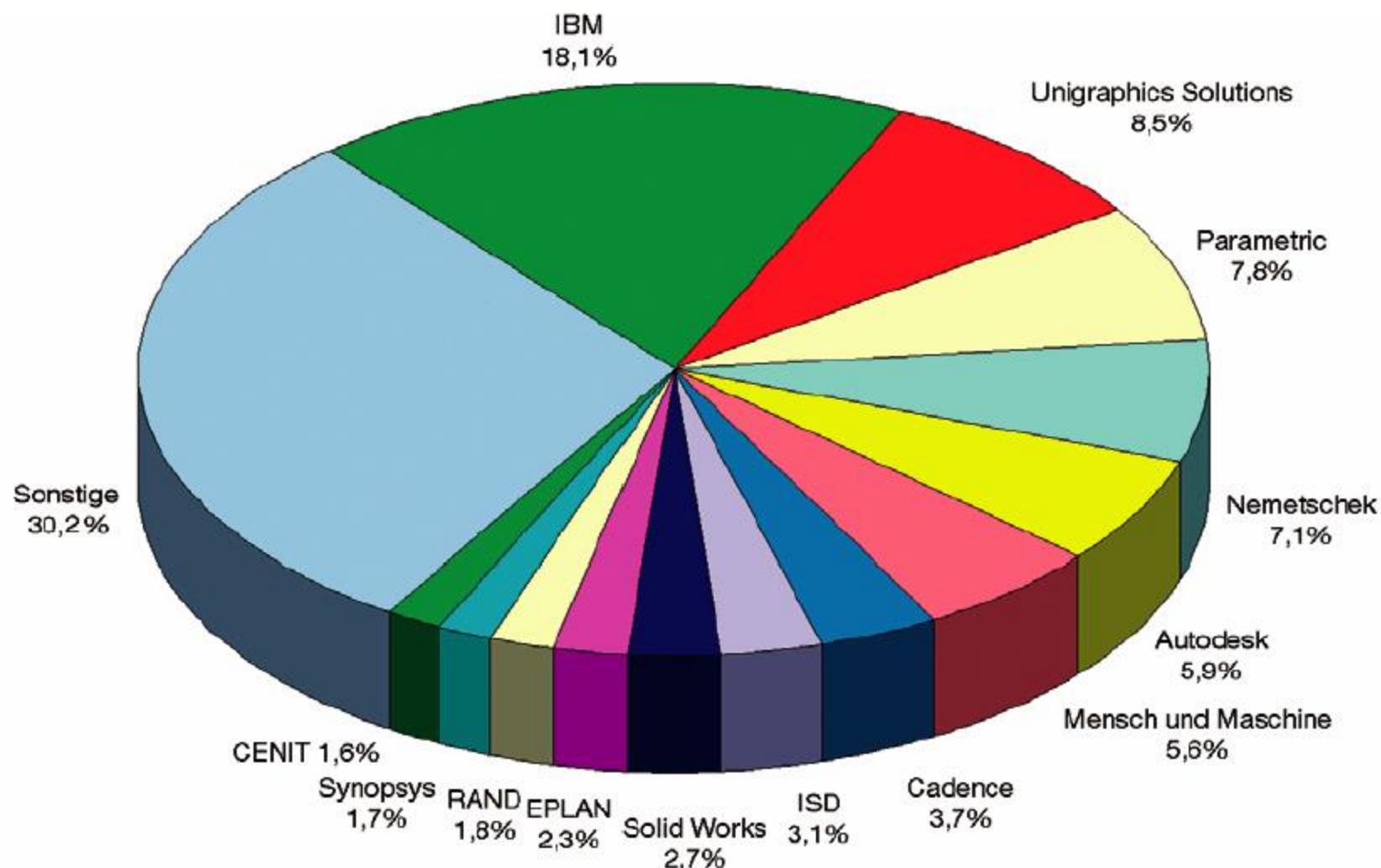
CAD-Software: Leistungsniveau, Datenstruktur, Beschreibungselemente, Teile,
(allgemein) Assoziativität, Variantentechnik, Parametrisierung,

Schnittstellen, Erweiterung und Anpassung, Online-Hilfe, Menüs, Sinnfälligkeit, Darstellung, Makros, Freihandsymbole, Anwendungsmodule z.B. Stücklistengenerierung, ...

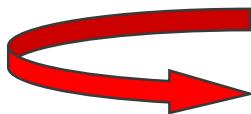
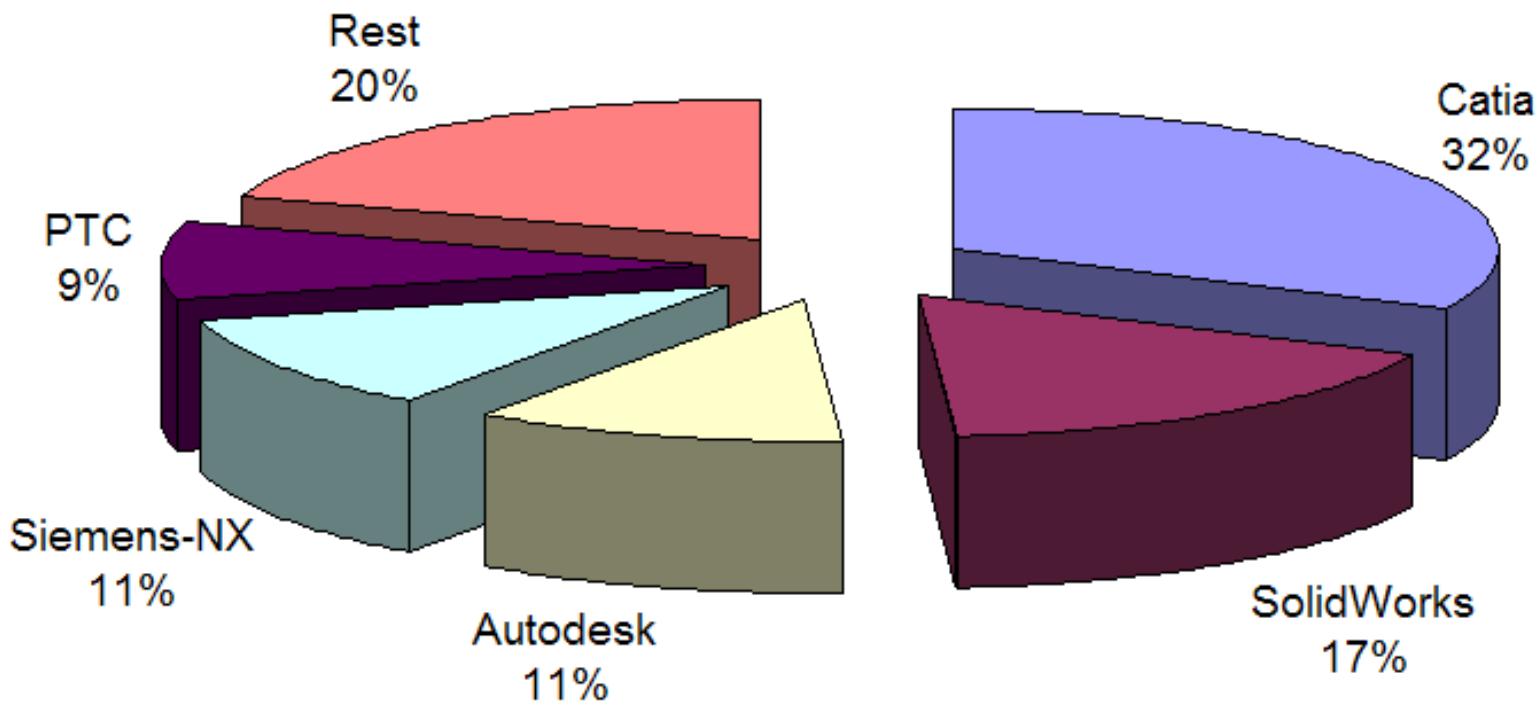
2D-Software: Bemaßungsstandards, Schriftarten, Symbole, Rahmen, Geometrieelementerzeugung und Manipulierung, Schraffur

Gesamtkosten: Anschaffung, laufende Kosten, variable Kosten, Personalkosten

Marktanteile in % bezogen auf den CAD/CAM, CAE-Softwareumsatz 2001 in Deutschland



Quelle: Dressler-Verlag: Umsatz nach Firmenangaben, respektive Schätzungen



Die „Top-5“ haben ~ 80% Marktanteil

■ Catia ■ SolidWorks ■ Autodesk ■ Siemens-NX ■ PTC ■ Rest

3D-CAD Technologie



Durchgängig dreidimensionales Modellieren

Nutzung der Objektorientierung in der Informatik

Parametrische Systeme

Feature- Basierung

Schnittstellen wie STEP in der praktischen Nutzung / Weiterentwicklung

Systemintegration durch technische Datenbanken

Unterstützung des Konstruktionsprozesses durch EDM und PDM

Modulkonzepte, offene Systeme, Internet, Multimedia

Vorteile einer durchgängigen 3D- Modellierung

Geometrisch vollständige Bauteilrepräsentation

Erweiterte, “intelligente“ CAD-Funktionen sind teilweise nur auf Basis von 3D-Repräsentationen möglich/sinnvoll

- z.B. - Kopplung CAD/FEM,
- Kinematikanalysen
- Analysen auf Fertigungs- und Montagegerechtigkeit durch Kopplung von CAD/NC und NC-Simulationen, ...

3D-Bauteilrepräsentationen werden zusätzliche Funktionen der genannten Art überhaupt erst möglich und wirtschaftlich machen.

Vermeidung / Minimierung von Konstruktionsfehlern

Erleichterung der Kommunikation

Unterstützung der simultanen Produktentwicklung im Team (“Simultaneous/concurrent Engineering“) und neuer Formen der Arbeitsteilung in und zwischen Unternehmen

Nutzung neuer Technologien zur schnellen Versuchsteileherstellung (“Rapid Prototyping“, z.B. mittels Stereolithographie (Format STL) nur auf Basis von 3D-Bauteilrepräsentation möglich

Minimierung der zu erstellenden und zu verwaltenden Dokumente

Direkte Ableitung von Montage-, Bedienungsanleitungen, Produktkatalogen etc.

Ziele der Feature-Technologie

Das "Wissen" des CAD-Systems über die behandelten Objekte ist nicht auf den Geometrieaspekt beschränkt, sondern es werden Zusammenhänge so abgebildet, wie sie der Anwender (Konstrukteur) sieht. Es wird damit eine Konstruktionsabsicht vermittelt.

Features kann man als ganzes ansprechen, verändern, löschen usw.

Features können auch nicht-geometrische Informationen beinhalten.
Beispiel: Fertigungsinformationen, die weiter verarbeitet werden können
=>Arbeitsplangenerierung, NC-Programmierung, Herstellungskostenermittlung

Bedingung zum Integrieren von Features in CAD/CAM-Systeme:

Objektorientierte Architektur mit Parametrik

Möglichkeiten des Arbeitens mit Features

Feature- basiertes Modellieren (" Feature Based Modelling/Design"):

Die Konstruktion erfolgt überwiegend (ausschließlich) mit vordefinierten und in Bibliotheken angelegten Features. Nach dem Aufruf eines Features erfolgt die teilweise automatische Erzeugung der Konstruktionsergebnisse (einschl. der parametrischen Bezüge)

Feature- Erkennung (" Feature Recognition / Extraction"):

Der Weg zur Erstellung eines Entwurfes ist gleichgültig. Wichtig ist nur die (digitale)

Repräsentation des Endergebnisses. Diese Repräsentation wird von speziellen

Softwarepaketen nachträglich daraufhin untersucht, ob Teilbereiche mit hinterlegten Feature-Beschreibungen übereinstimmen.

Nach dem (nachträglichen) Erkennen können die zu den Features gehörenden nicht-

geometrischen Informationen zugeordnet und weiterverarbeitet werden.

Die Feature-Erkennung erfordert in der Regel Methoden und Werkzeuge der Künstlichen Intelligenz (Mustererkennung, Pattern Matching)

Merkmale objektorientierter Systeme

Objekte sind die zentralen Strukturelemente in Form von Produkten, Baugruppen, Bauteilen, Flächen, Kanten, Punkten, Features, Gestaltungszonen etc.

Jedem Objekt sind Daten und Verhaltensweisen (Methoden) fest und voneinander untrennbar zugeordnet.

Objekte können hierarchisch geordnet werden (Abstraktion, Klassenbildung), wobei sich Daten und Verhaltensweisen systematisch und automatisch weitervererben, sofern sie nicht in der Definition geändert werden.

Jedes Objekt kann von außen (vom Anwender oder von Anwendungsprogrammen) nur über genau spezifizierte Schnittstellen angesprochen und verändert werden (Abkapselung).

Der Anwender muß sich nicht um den inneren Aufbau der Objekte und die damit verbundene Konsistenzhaltung kümmern.

Unterschiedliche Objekte verhalten sich -je nach ihrer inneren Struktur- unterschiedlich; die Namen der Methoden können allerdings gleich sein. (Polymorphie).

Objekte können frei miteinander kommunizieren (Austausch von Botschaften). Dadurch ergibt sich eine andere (einfacher zu programmierende, zu testende und in der Anwendung wesentlich flexiblere) Art von Programmcode und damit eine andere Art des Programmablaufes.

CAD-Einsatz heute

- 3D-CAD statt 2D Zeichnungserstellung
- Überwiegend „Parametrische“ CAD-Systeme
- CAD Daten werden auch in anderen Prozessen genutzt (CAE, CAM, Dokumentation...)
- Trends: Knowledge Based Engineering
 - ◆ CAD-Einsatz wird komplexer
 - ◆ Mehrere Konstrukteure arbeiten an dem selben Produkt
 - ◆ Große Baugruppen
 - ◆ Strukturen: Blechteile, Normteile

CAD-Datenmodelle



Aufgabe von Datenmodellen:

- möglichst naturgetreue Nachbildung eines Ausschnitts der “realen“ Welt
- formale Beschreibung aller in einer Datenbank enthaltenen Daten

In kommerziellen DV-Anwendungen werden vier Arten von Datenmodellen eingesetzt:

- hierarchische Datenmodelle
- netzwerkartige Datenmodelle
 - relationale Datenmodelle
 - objektorientierte Datenmodelle

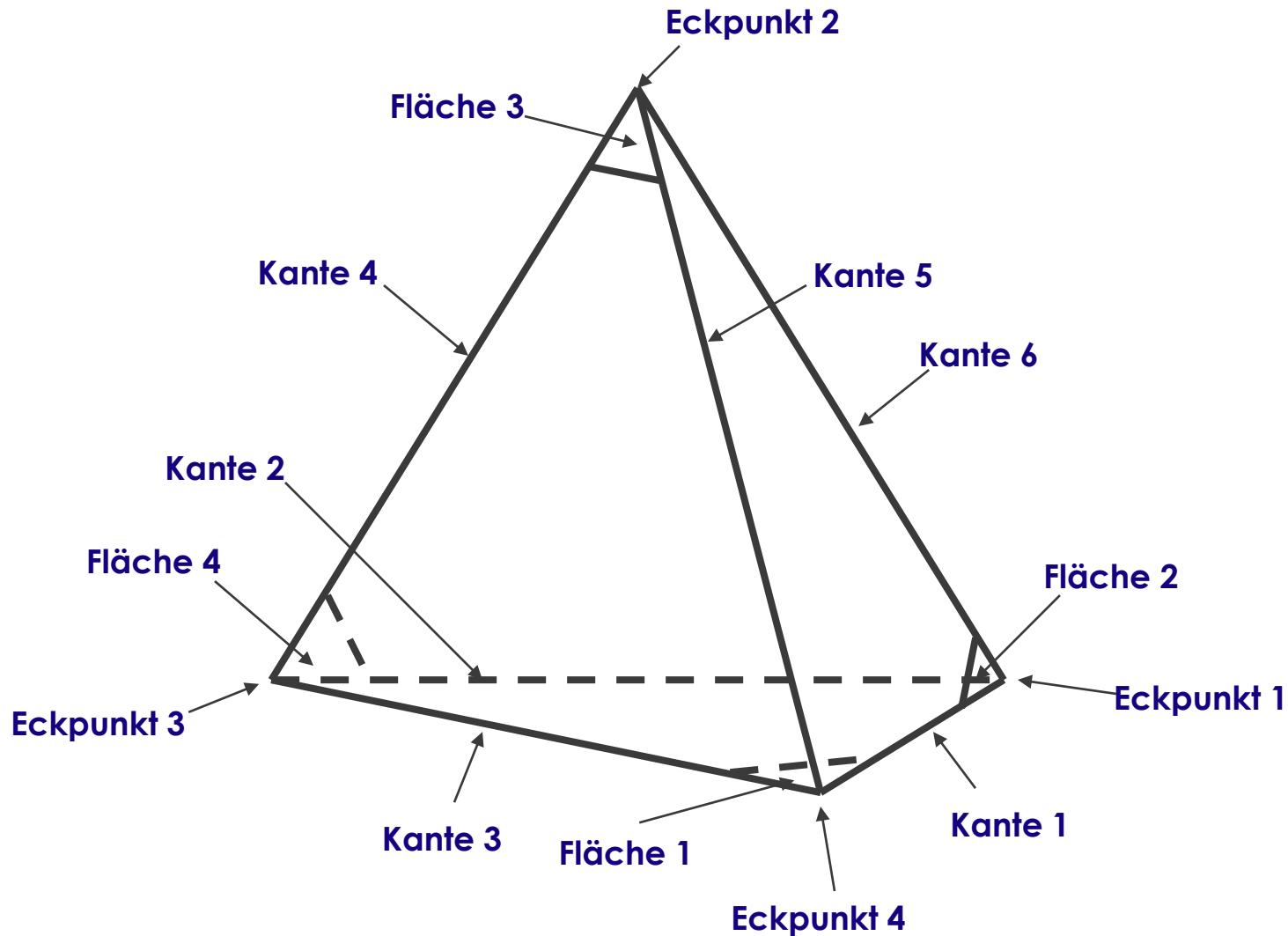
Quelle: RPK, Uni Karlsruhe

Datenmodelle: Datenstrukturschemata

	HIERARCHISCHE DATENSTRUKTUR	NETZWERKARTIGE DATENSTRUKTUR		RELATIONALE DATENSTRUKTUR	OBJEKTOORIENTIERTE DATENSTRUKTUR																
		allgemein	CODASYL-DBTG																		
SCHEMA	<pre> graph TD Linie[Linie] -- "1:n" --> Punkt[Punkt] </pre>	<pre> graph TD Linie[Linie] <--> Punkt[Punkt] </pre>	<pre> graph TD Linie[Linie] -- "1:n" --> LP((Link-Record LP)) LP -- "1:n" --> Punkt[Punkt] Punkt -- "1:n" --> Linie subgraph Note [LP=Linie-Punkt] end </pre>	<p>Linie (LNR,...) Punkt (PNR,...) Linie-Punkt (LNR, PNR)</p>	<p>Klasse Linie: [start_punkt: Punkt; end_punkt: Punkt; verschiebe_linie();] Klasse Punkt: [x: real; y: real; z: real; zu_linie: list[i:n] of Line erzeuge_punkt();]</p>																
SCHEMAAUSPRÄGUNG	<pre> graph TD L1[L1] --- P1[P1] L1[L1] --- P2[P2] L2[L2] --- P2[P2] L2[L2] --- P3[P3] </pre>	<pre> graph TD L1[L1] --- P1[P1] L1[L1] --- P2[P2] L2[L2] --- P2[P2] L2[L2] --- P3[P3] </pre>	<pre> graph TD L1[L1] --- LP1[LP1] L1[L1] --- LP2[LP2] L2[L2] --- LP3[LP3] L2[L2] --- LP4[LP4] LP1 --- P1[P1] LP1 --- P2[P2] LP2 --- P1[P1] LP3 --- P2[P2] LP4 --- P3[P3] </pre>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Linie</th> <th>LNR</th> <th>Punkt</th> <th>PNR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>L1 L2</td> <td></td> <td>P1 P2</td> </tr> <tr> <td>Linie-Punkt</td> <td></td> <td>LNR, PNR</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>L1 L1 L2 L2</td> <td>P1 P1 P2 P3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Linie	LNR	Punkt	PNR		L1 L2		P1 P2	Linie-Punkt		LNR, PNR			L1 L1 L2 L2	P1 P1 P2 P3		<pre> graph TD L1[L1] <--> P1[P1] L1[L1] --> P2[P2] L2[L2] --> P2[P2] L2[L2] --> P3[P3] </pre>
Linie	LNR	Punkt	PNR																		
	L1 L2		P1 P2																		
Linie-Punkt		LNR, PNR																			
	L1 L1 L2 L2	P1 P1 P2 P3																			

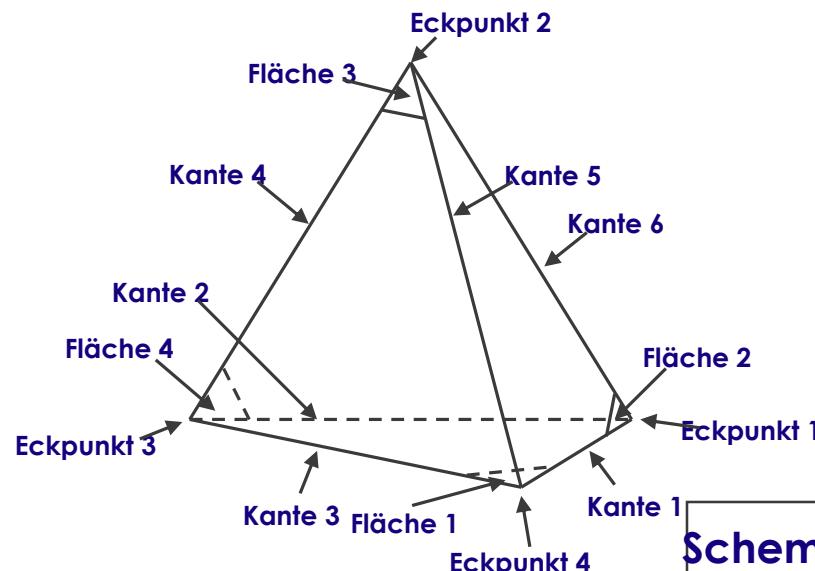
Quelle: RPK, Uni Karlsruhe

Datenmodelle: Beispiel Tetraeder

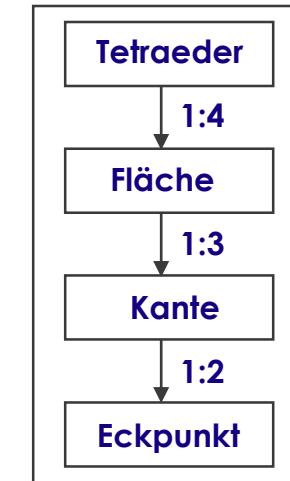


Quelle: RPK, Uni Karlsruhe

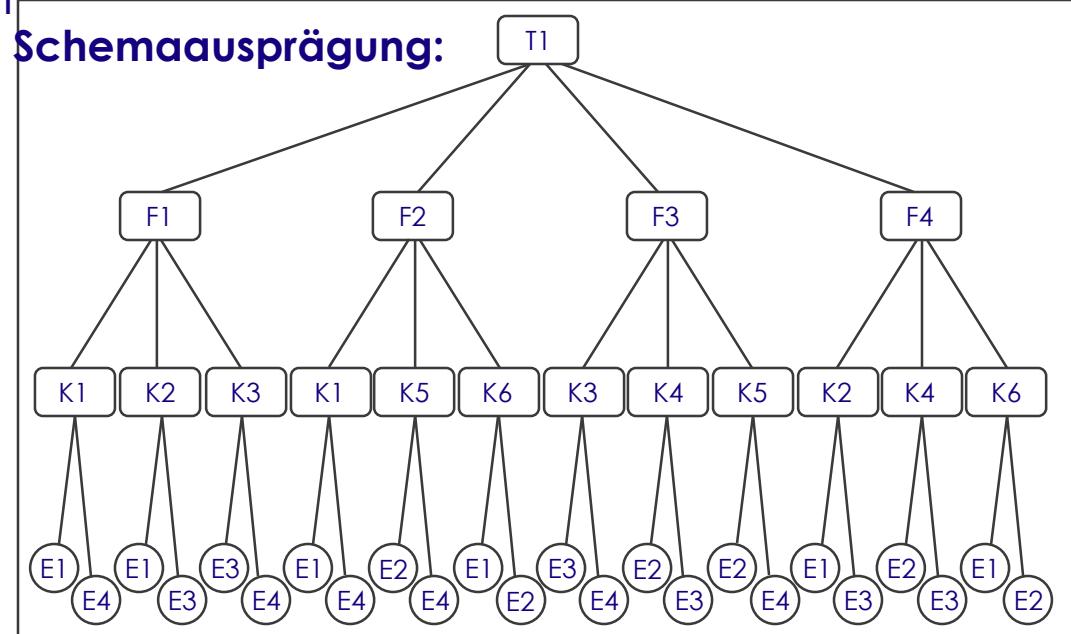
Datenmodelle: Beispiel Tetraeder, Hierarchisches Datenmodell



Schema:



Schemaausprägung:



Quelle: RPK, Uni Karlsruhe

Vorteile relationaler und objektorientierter Datenmodelle beim Einsatz für CAD-Anwendungen:

- **Konsistenz**

werden die Koordinaten von z.B. E1 geändert, so müssen beim hierarchischen Datenmodell 6 Werte geändert werden. Beim relationalen, netzwerkartigen und objektorientierten Datenmodell ist nur ein Wert zu ändern.

- **Speicherplatz**

Beim hierarchischen Datenmodell werden einzelne Elemente mehrfach gespeichert (z.B. Kanten). Beim relationalen Datenmodell entstehen viele und z.T. sehr große Tabellen. Beim netzwerkartigen und objektorientierten Datenmodell wird jedes Element nur einmal gespeichert.

2D- und 3D-Datenstrukturen

	2D		3D			
	Linien-Modell	Linien-Modell	Linien-(Draht-)Modell	Flächen-Modell	Volumen-Modell flächenorientiert	Volumen-Modell körperorientiert
Informationsmodell						
Rechnerinternes Modell (RM)						
Informationsmittel	Punkt Linie	Punkt Linie	Punkt Linie	Punkt Linie Fläche	Punkt Linie Fläche, Volumen	Volumen
Allgemeine Bezeichnung	2D-Zeichnungssystem	Aus 3D-Modell abgeleitetes 2D-System	Drahtmodell	Flächenmodell	BRep (Boundary Representation)	CSG Constructive Solid Geometry
<p>Auf- und abwärtskompatibles CAD-System</p>						

Repräsentation von Geometriemodellen

Geometriemodelle können in zwei- und dreidimensionale Modelle eingeteilt werden. Zweidimensionale Modelle können als Draht- oder Flächenmodelle, dreidimensionale darüber hinaus auch als Volumenmodelle repräsentiert werden. Drahtmodelle (Wireframes) bestehen aus einzelnen Linien, die erst in der Vorstellung des Betrachters mit Flächen bzw. einem Volumen assoziiert werden. Das Drahtmodell enthält keinerlei Flächeninformationen und somit auch keine Informationen über das umschriebene Volumen. Es ist also auch nicht möglich, Flächen- und Masseninformationen aus dem Drahtmodell zu gewinnen. Die fehlende Volumeninformation bedingt, daß eine automatische Kollisionsprüfung durch das CAD-System nicht möglich ist. Bei der Kollisionsprüfung überprüft das CAD-System, ob sich verschiedene Geometrien berühren oder durchdringen.

Flächenmodelle enthalten alle Flächeninformationen. Aus ihnen kann z.B. die Oberfläche eines Bauteils berechnet werden. Da aber keinerlei Information über die Massenverteilung im Modell enthalten sind, kann das CAD-System im drei-dimensionalen Bereich das umschlossene Volumen nicht von der Umgebung unterscheiden und damit die Masse des Bauteils nicht berechnen. Flächenmodelle können Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit (z.B. Farbe) enthalten.

Volumenmodelle enthalten die vollständigen Informationen zur Beschreibung des Bauteils. Deshalb können, von diesem Datensatz ausgehend, neben Berechnungen der Körperoberfläche auch Aussagen zur Masse des Bauteils getroffen werden, da zum Datensatz auch Informationen über die Dichte gehören. Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit und die Oberflächenfarbe können ebenfalls im Volumenmodell gespeichert werden.

Zur Beschreibung von Kurven im zweidimensionalen Bereich stehen zwei grundsätzliche Methoden zur Verfügung:

Analytisch beschreibbare Kurven:

Analytisch beschreibbare Kurven lassen sich mit Hilfe von impliziten ($F(x,y)=0$) oder expliziten ($y=f(x)$) Gleichungen mathematisch exakt beschreiben. Sie bilden die Grundlage für die Kurvenmenüs von CAD-Systemen. Beispiele: Funktionen zur Beschreibung von Parabeln, Hyperbeln und Ellipsenbögen.

Analytisch nicht beschreibbare Kurven:

Analytisch nicht beschreibbare Kurven lassen sich nur annähernd, also nicht analytisch genau beschreiben. Sie werden deshalb parametrisch beschrieben.

Repräsentation von Geometriemodellen

Analytisch nicht beschreibbare Funktionen werden benötigt zur:

- Konstruktion nach ästhetischen Gesichtspunkten: Styling, Form Follows Function
- Repräsentation und Änderung vorhandener Stylingmodelle
- Konstruktion unter funktionalen Randbedingungen (z.B. Verringerung des Strömungswiderstandes).

An die Repräsentation werden dabei folgende Anforderungen gestellt:

- Einfache Beschreibung mit wenigen Parametern
- Möglichkeit der globalen (bei Änderung eines Punktes ändert sich der gesamte Kurvenverlauf) und lokalen (bei Änderung eines Punktes ändert sich der Kurvenverlauf nur in einem Teilbereich) Änderung durch Parameteränderung.

Interpolation und Approximation

Interpolation:

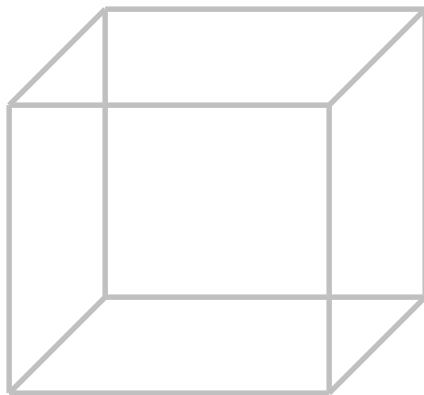
Man spricht von Interpolation, wenn eine Funktion $\Phi(x)$ an eine gegebene Funktion $f(x)$ oder eine Menge gegebener Punkte so angeglichen wird, dass an bestimmten Punkten x_i gilt: $\Phi(x_i) = f(x_i)$. Die Funktion $\Phi(x)$ geht durch die vorgegebenen Punkte. Mathematische Verfahren zur Interpolation basieren auf Interpolationspolynomen, die nach Lagrange, Newton oder Hermite definiert sind.

Approximation:

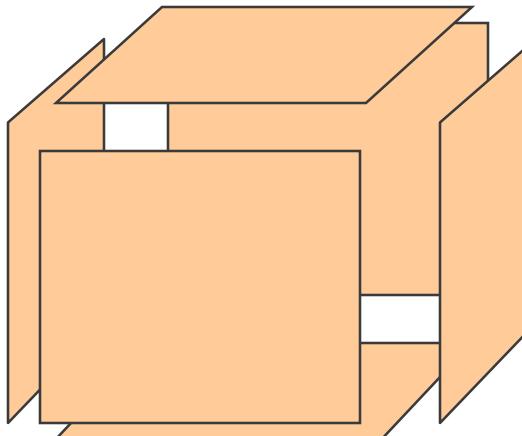
Unter Approximation versteht man die Ermittlung einer Ersatzfunktion φ , die sich einer vorgegebenen Basisfunktion oder einer Menge vorgegebener Punkte optimal nähert. Optimal bedeutet dabei, dass die Abweichung der Ersatzfunktion von der Basisfunktion oder die Summe der Abweichungen von den gegebenen Punkten möglichst klein sein soll. Bei den mathematischen Verfahren zur Approximation spricht man auch von Ausgleichsverfahren.

Vergleich der 3D-Modelltechniken

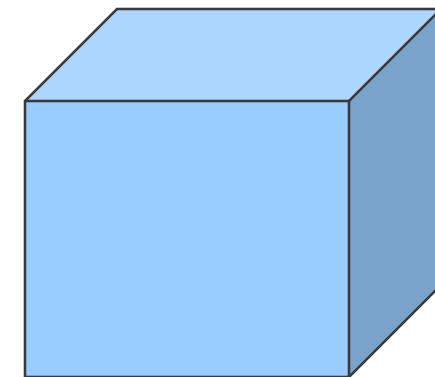
3D-Drahtmodell



3D-Flächenmodell



3D-Volumenmodell

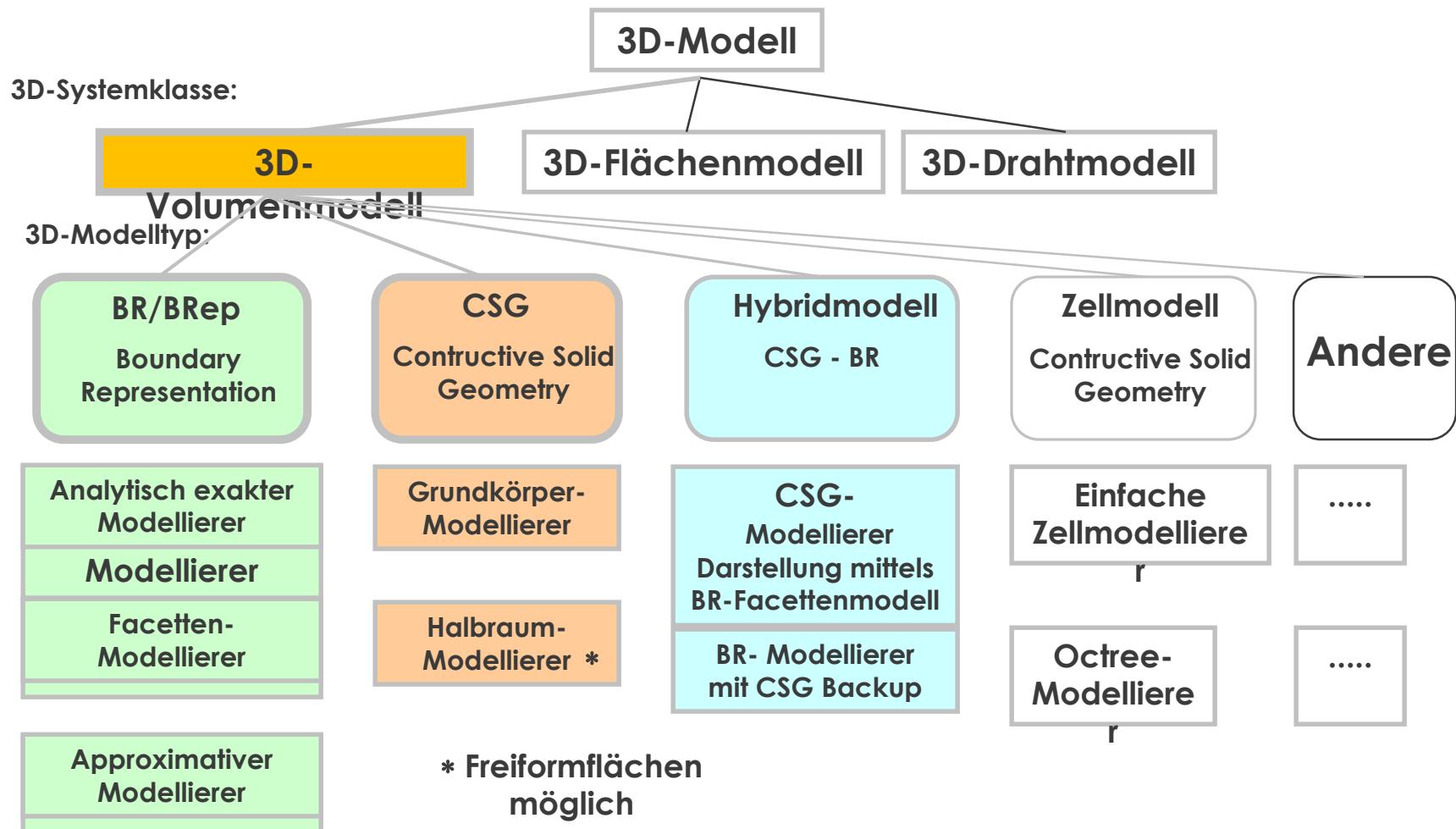


- Mehrdeutigkeit
- keine geometrische Integrität
- keine physikalischen Eigenschaften
 - keine Kollisionsprüfung

- keine Richtung für Material
- keine Flächenintegrität
 - praktisch keine physikalischen Eigenschaften
 - Kollisionsprüfung nur über Flächendurchdringung

- Richtung für Material
 - physikalische Eigenschaften exakt berechenbar
 - Kollisionsprüfung möglich

Modelltechniken



Quelle: Grätz: Handbuch der CAD-Technik

3D-Volumenmodell: Facettenmodellierer

BR/BRep

Boundary

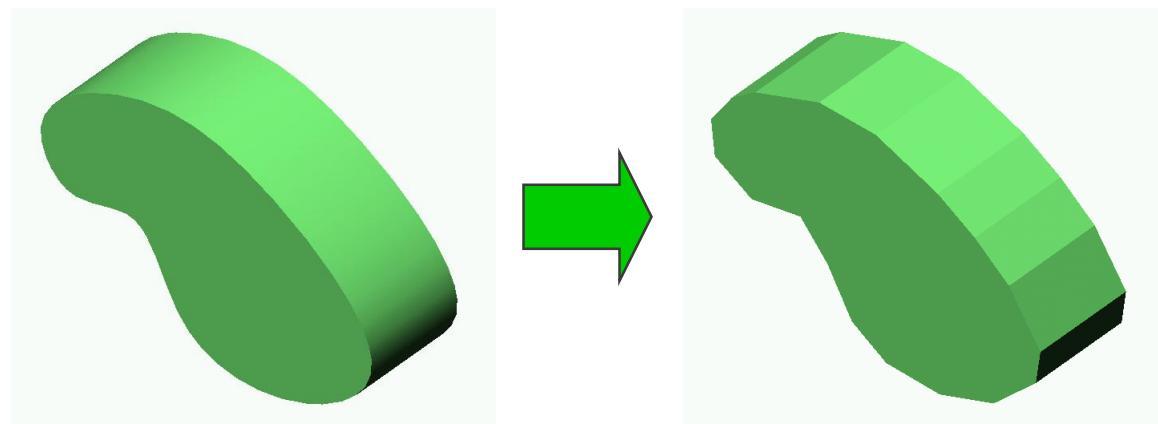
Representation

Analytisch exakter
Modellierer

Facetten-
Modellierer

Approximativer
Modellierer

Die topologischen / geometrischen Strukturmodelle können anhand der Art der verwendeten geometrischen Begrenzungsflächen unterschieden werden. Neben Flächenberandungsmodellen, die auf exakt beschriebenen Begrenzungsflächen basieren und somit das Arbeiten mit Freiformflächen ermöglichen, existieren auch Facettenmodelle. Bei Facettenmodellen wird die Begrenzungsfläche durch sogenannte Tangentialflächen (Facetten) angenähert.



Quelle: Grätz: Handbuch der CAD-Technik

3D-Volumenmodell: Approximativer Modellierer

BR/BRep

Boundary
Representation

Analytisch exakter
Modellierer

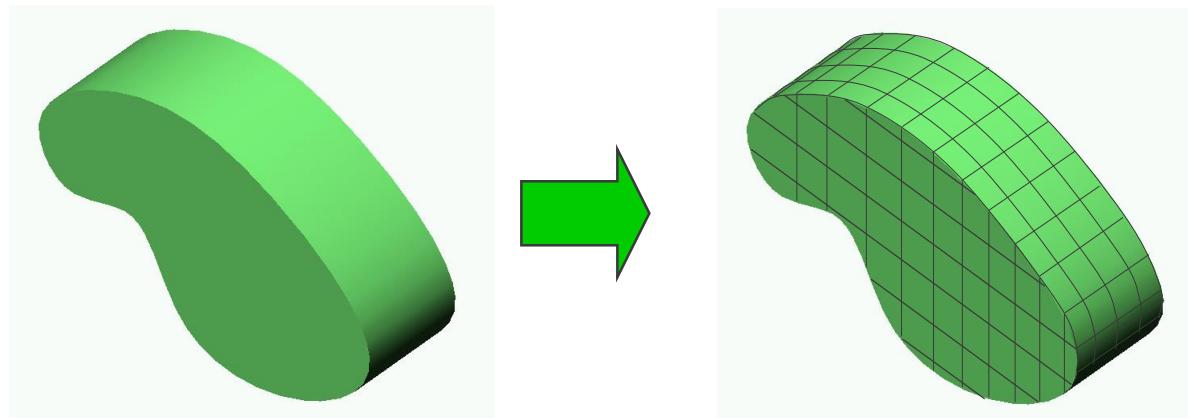
Facetten-
Modellierer

Approximativer
Modellierer

Bei approximativen Modellierern werden Flächen und Kurven durch Parameterflächen und Parameterkurven beschrieben. Jede Fläche ist ansprechbar und manipulierbar.

Eine analytisch exakte Definition einer Fläche z.B. als ebene Fläche ist aber nicht möglich. Es kann lediglich ein Attribut “ebene Fläche“ manuell eingefügt werden.

Dieser Modelltyp ist rechen- und datenintensiv unabhängig von der Ordnung der Flächen.



Quelle: Grätz: Handbuch der CAD-Technik

3D-Volumenmodell: Zellmodellierer

Zellmodell

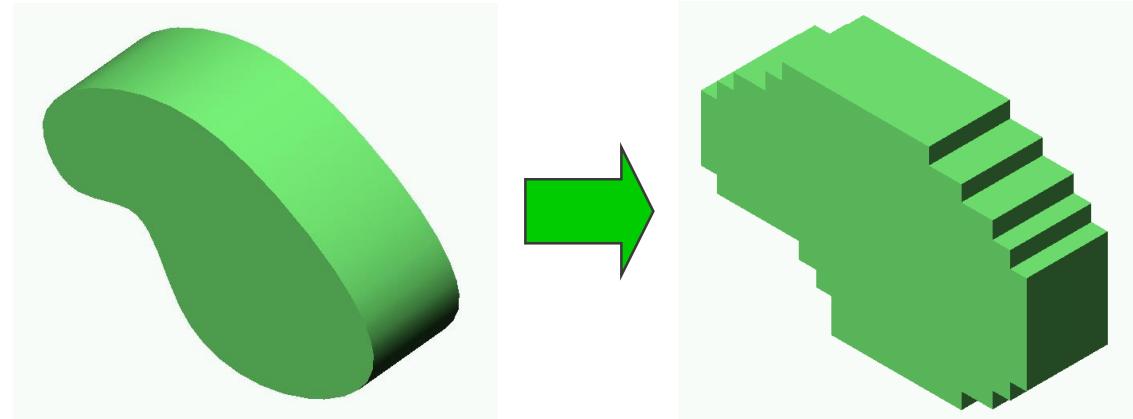
Constructive Solid
Geometry

Einfache
Zellmodellierer

Octree-
Modellierer

Bei Zellmodellierern wird das Volumen eines Modells in eine Ansammlung von benachbarten, kleinen Einzelementen, den Voxeln (Volume Element), zerlegt.

Das Modell ist sehr datenintensiv. Boolesche Verknüpfungen oder Volumenberechnungen können aber sehr schnell ausgeführt werden.



Quelle: Grätz: Handbuch der CAD-Technik



- Volumen wird durch die umhüllenden Begrenzungsflächen und durch die Lage des Materials relativ zu den Begrenzungsflächen beschrieben
- Flächenmodell, erweitert um Materialvektoren
- Abgeschlossenheit und Konsistenz wird durch Algorithmen gewährleistet
- Das dargestellte Modell stellt jederzeit ein explizites, vollständiges Abbild der Geometrie dar
- Volumenkonsistenz muss nach jeder Operation neu überprüft werden
- Hoher Speicherplatzbedarf
- Keine Information über die Beschreibungshistorie
- Offene Körper sind nicht beschreibbar

- Alle geometrischen Elemente im Modell können direkt angesprochen werden
Bzp.: Kantenauswahl für Fase oder Rundung
- Attribute wie Material- und Oberflächeneigenschaften an beliebigen geometrischen Elementen
- Beliebig geformte Volumenelemente
- Keine Beschränkung auf Grundelemente (siehe CSG-Modell)
- Modifikation des Modells als topologische Operation der BRep-Struktur und nur lokaler Neuberechnung
- Keine ständige Neuberechnung des gesamten Modells wie bei CSG nötig, aber möglich

Schnelle und leichte Visualisierung der Geometrie

BRep-Geometriemodell: Erweiterungen

FEM: Vernetzungsplan

PPS: Zeichnungsnummer, Stückliste

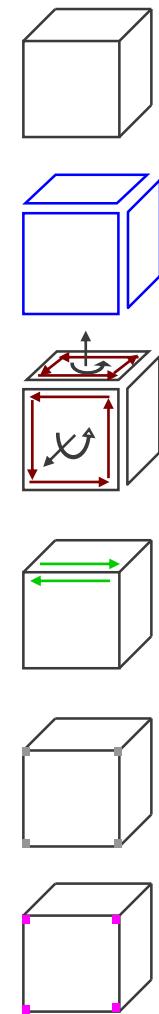
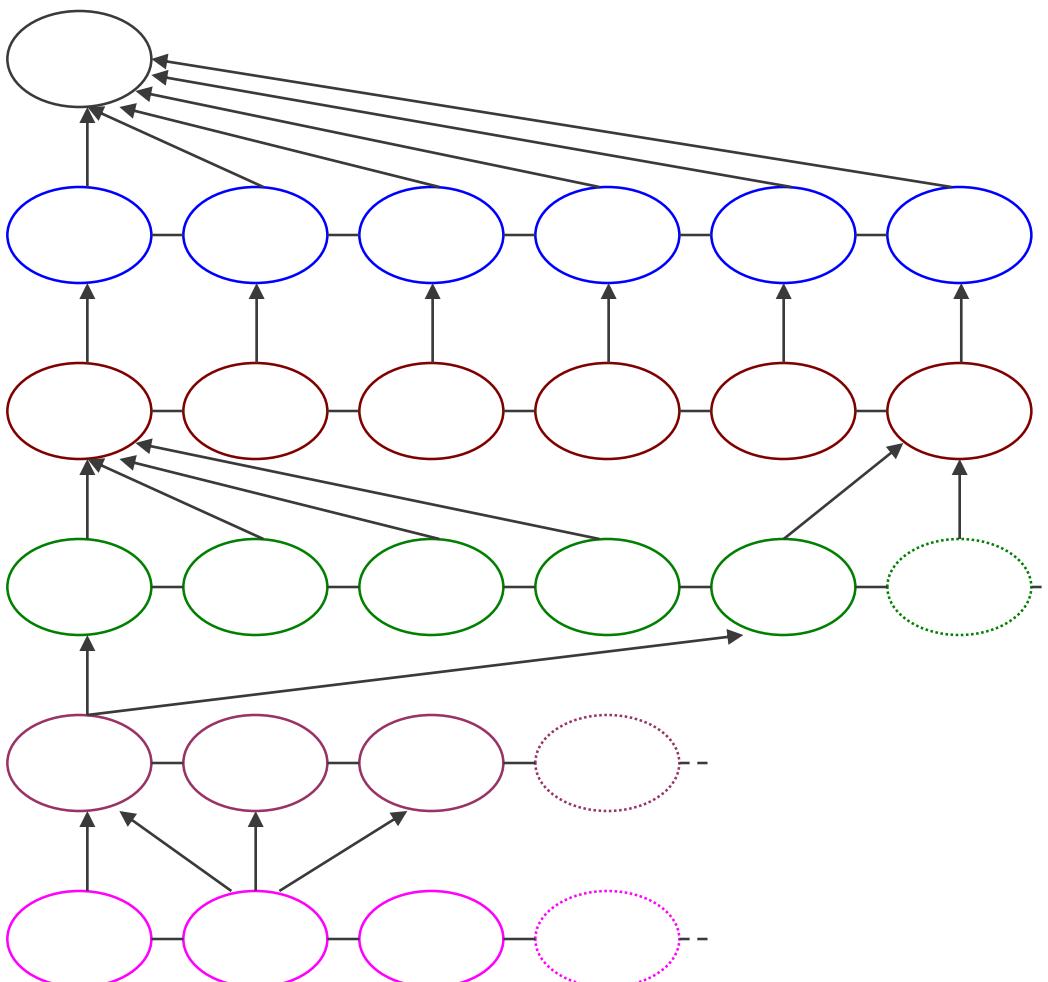
Variantenkonstruktion: Constraints

CAP: Formelemente

CAM: Form- und Lagetoleranzen

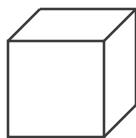
BRep-Baumstruktur (Topologie, vereinfacht)

Body



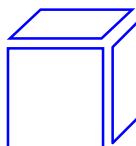
BRep-Topologiemodell (logische Elemente)

Body:



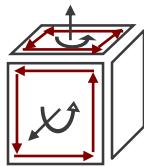
Element zur Kennzeichnung eines real möglichen, allseitig durch Flächen eindeutig begrenzten Volumenbereiches.

Face:



Element zur Kennzeichnung eines eindeutig berandeten, gültigen Bereiches auf einer Flächengeometrie, der dazu beiträgt, einen Körper zu begrenzen. Jedem Flächenelement ist ein Vorzeichenwert +1 bzw. -1 zugeordnet, der angibt, auf welcher Seite der Flächengeometrie sich Material befindet. Das Vorzeichen ist positiv, wenn der immer vom Material wegzeigende Materialvektor die gleiche Richtung hat wie der Richtungsvektor der Flächengeometrie.

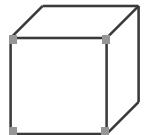
Loop:



Element zur Kennzeichnung eines geschlossenen Kurvenzuges zur Begrenzung einer Fläche. Jede Fläche besitzt mindestens einen solchen Kantenzug als Außenkante und gegebenenfalls mehrere als Innenkonturen von "Flächenlöchern". Jeder Kantenzug hat einen definierten Durchlaufsinn. Dieser wird im Element Loop durch die Reihenfolge der aufgeführten Eckpunkte beschrieben.

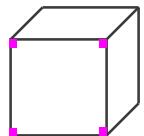
BRep-Topologiemodell (logische Elemente)

Edge:



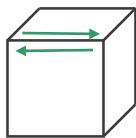
Element zur Kennzeichnung einer Kante des beschriebenen Körpers als eines gültigen Abschnittes der zugrundeliegenden Liniengeometrie zwischen zwei Eckpunkten. Jede Körperkante ist an der Berandung der beiden in ihr zusammenstoßenden Flächen beteiligt und zerfällt damit in zwei zusammengehörende Flächenkanten (Coedges) als Bestandteil der jeweiligen berandeten Kantenzüge der beiden an der betrachteten Körperkante benachbarten Flächen.

Vertex:



Element zur Kennzeichnung des Endpunktes einer Flächenkante und damit gleichzeitig auch des Anfangspunktes der folgenden Flächenkante innerhalb des begrenzenden Kantenzuges einer Fläche. Da jede Flächenkante mit der entsprechenden Flächenkante einer Nachbarfläche zusammenfällt und mit dieser die gleichen Eckpunkte aufweist, tritt jeder Eckpunkt mindestens zweifach innerhalb der entsprechenden Kantenzüge benachbarter Flächen auf.

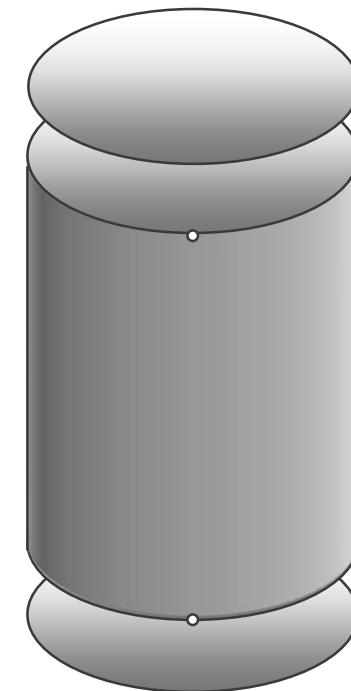
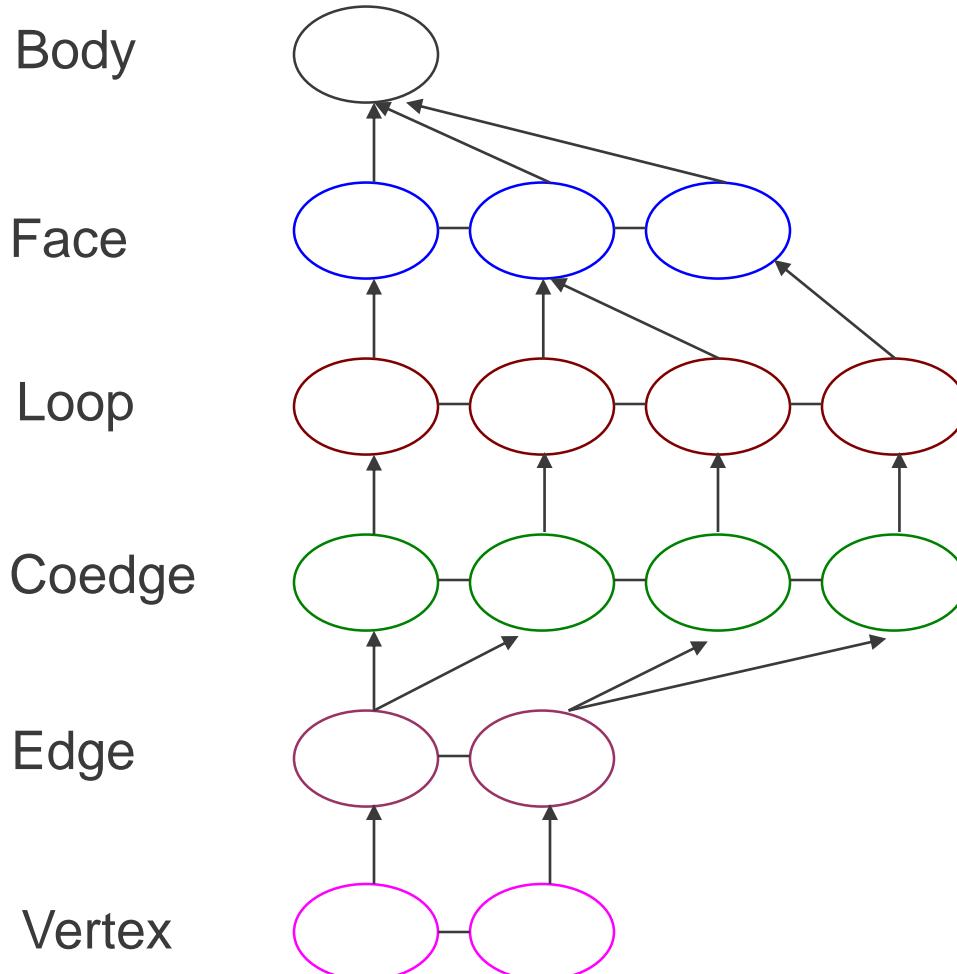
Coedge:



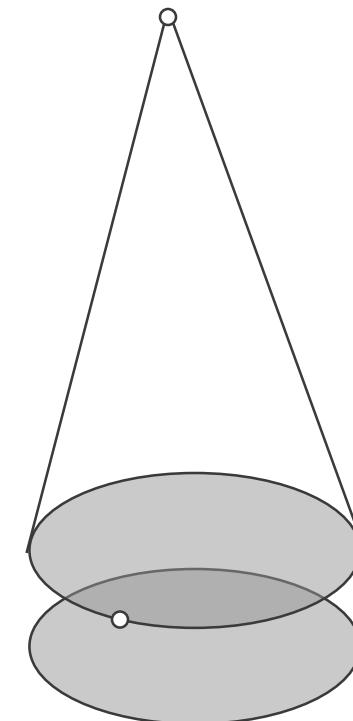
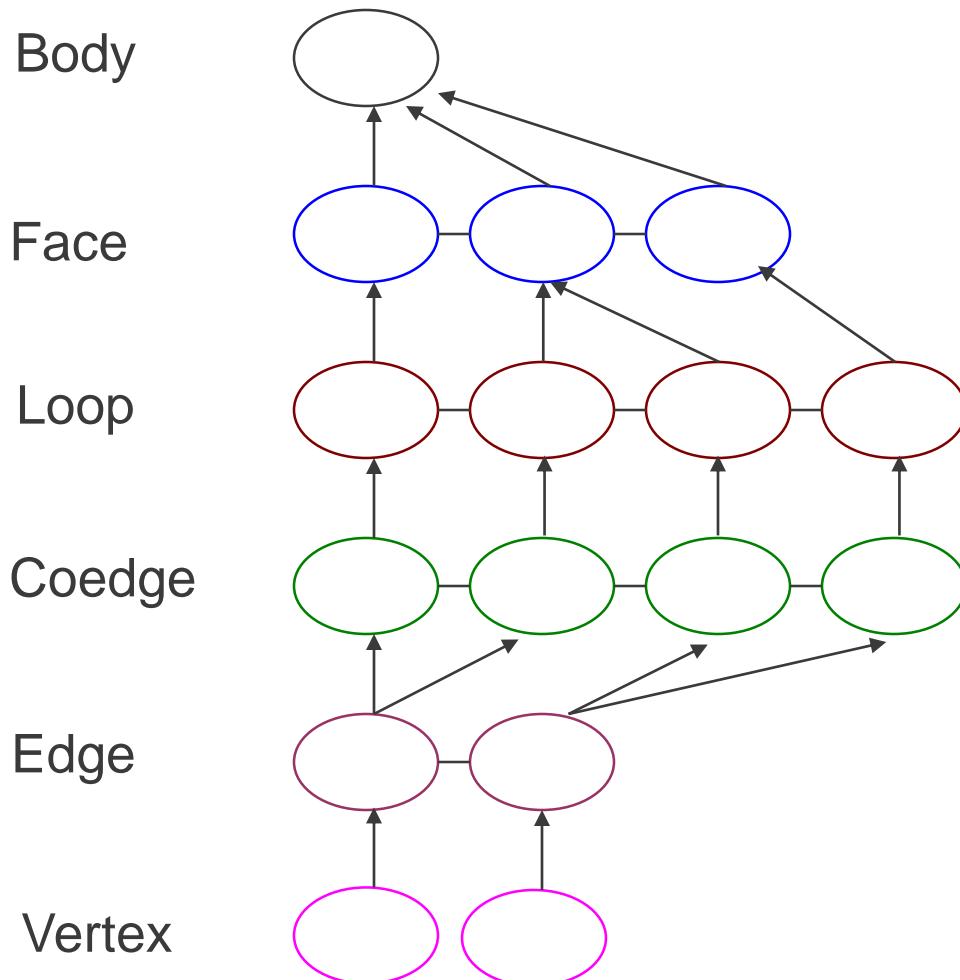
Element zur Kennzeichnung eines Abschnittes innerhalb eines flächenbegrenzenden Kantenzuges zwischen zwei Eckpunkten und entlang einer Körperkante. Jeder Flächenkante wird durch einen Vorzeichenwert +1 bzw. -1 ein Durchlaufsinn bezüglich der positiven Richtung der Liniengeometrie zugeordnet, die der jeweiligen Körperkante zugrunde liegt. Dieser Durchlaufsinn wird so gewählt, daß der gültige Flächenbereich immer links von der Durchlaufrichtung erscheint, wenn die betreffende Fläche vom leeren Raum aus betrachtet wird. Die zu einer Körperkante immer paarweise auftretenden Flächenkanten in benachbarten Flächen weisen gemäß dieser Definition prinzipiell unterschiedlichen Durchlaufsinn auf.

Fläche erster Ordnung	Ebene
Fläche zweiter Ordnung	Kegel, Sphäre, Torus
Fläche n-ter Ordnung	Freiformflächen
Punkte	Koordinaten im Raum
Kurven	Schnitte von Flächen verschiedener Ordnung
Gerade	Schnitt von zwei Ebenen
Kreis, Ellipse, Parabel, Hyperbel	Schnitt einer Ebene mit einem Kegel unter verschiedenen Winkeln
Parameterkurve	Schnitt einer Fläche n-ter Ordnung

Zylinder in BRep-Datenstruktur (vereinfacht)

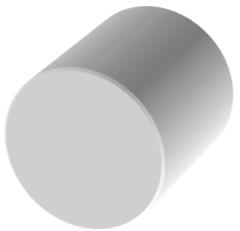


Kegel in BRep-Baumstruktur (vereinfacht)

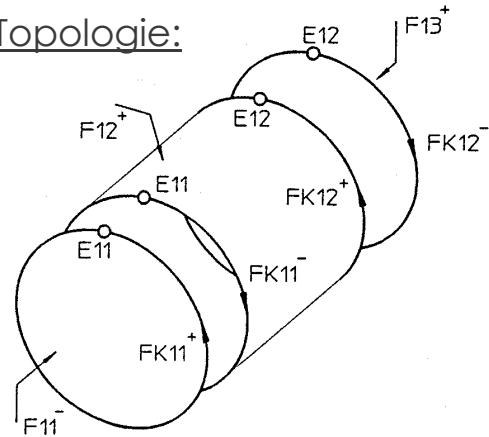


Zylinder in BRep-Baumstruktur

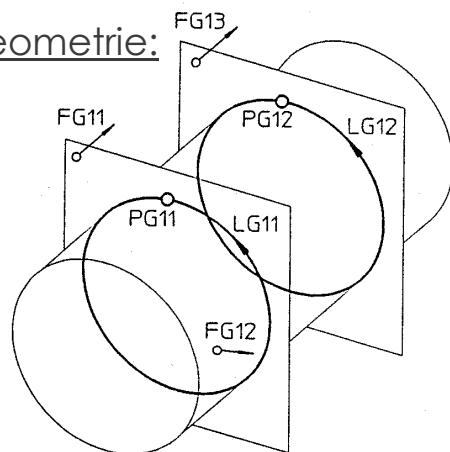
Körper:



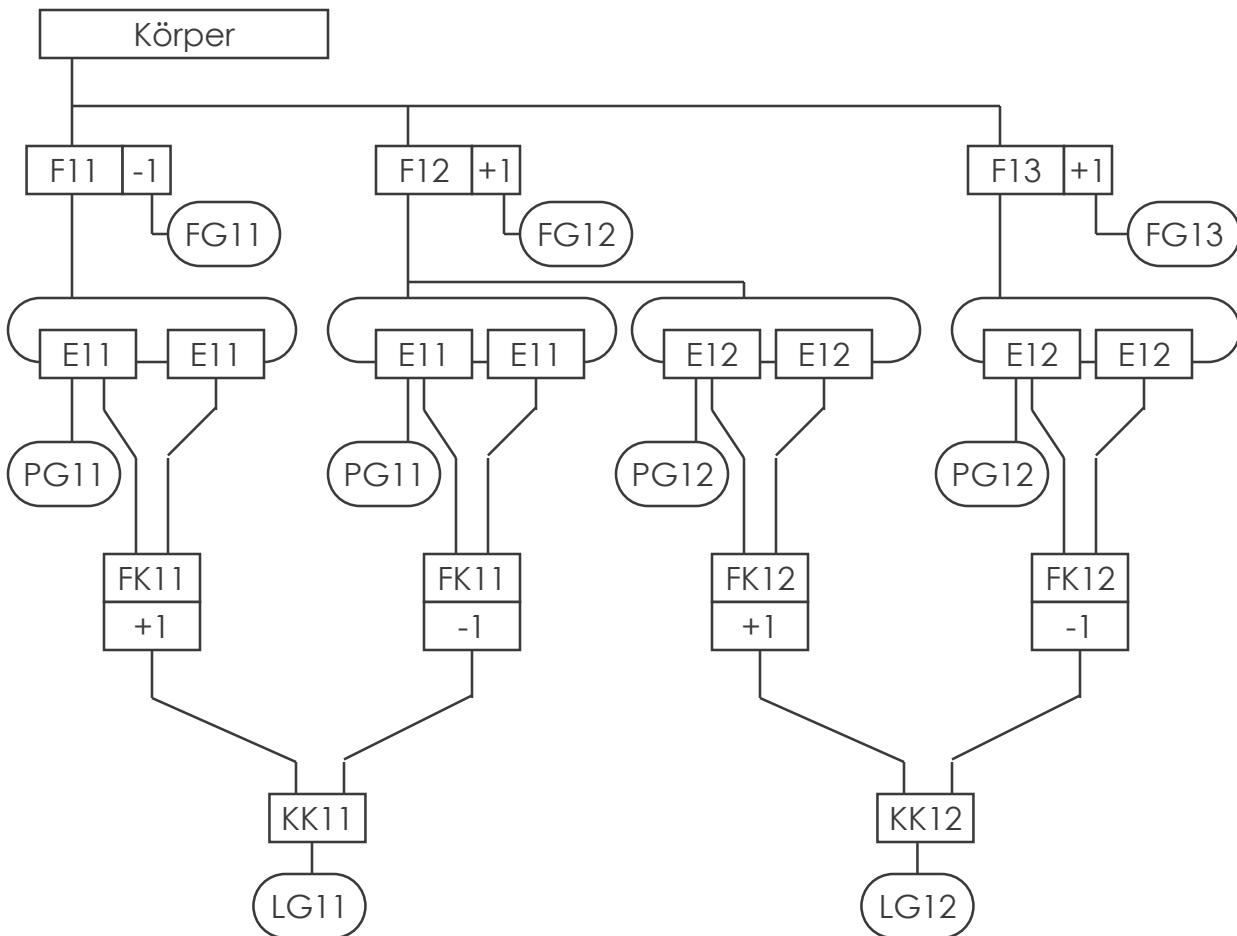
Topologie:



Geometrie:



Datenstruktur:



Beispielkörper in BRep-Baumstruktur

Datenstruktur:

Körper

F1 [-1]

E1

FK1
+1

KK1

LG1

E2

FK2
+1

KK2

E1

KK3

LG3

E4

FK3
-1

KK4

E2

FK1
-1

KK5

E1

FK4
+1

KK6

E3

FK5
+1

LG4

E4

FK6
-1

KK1

E2

FK3
+1

KK2

E1

FK4
-1

KK3

E1

FK5
-1

KK4

E4

FK6
+1

KK5

E3

FK4
+1

KK6

E4

FK5
-1

KK1

E1

FK6
-1

KK2

E4

FK3
+1

KK3

E2

FK4
-1

KK4

E1

FK5
+1

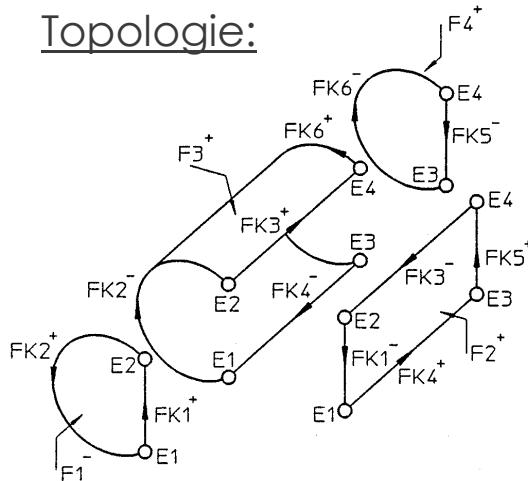
KK5

E4

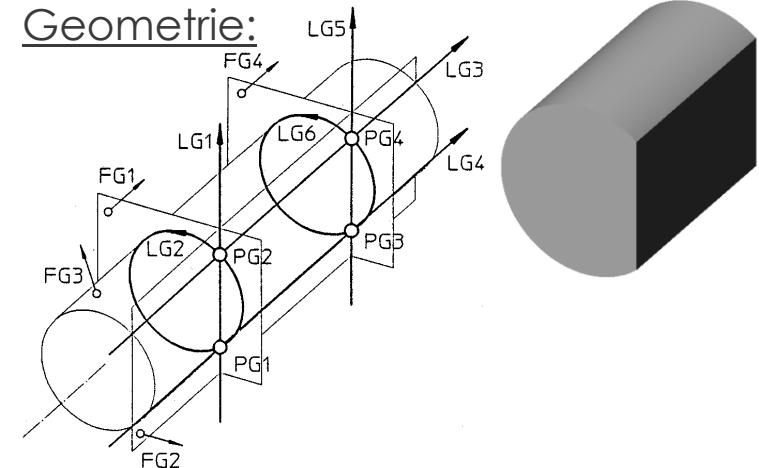
FK6
-1

KK6

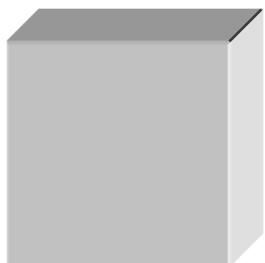
Topologie:



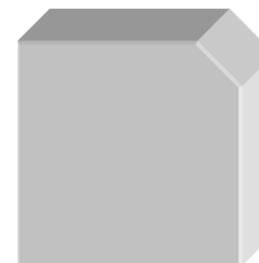
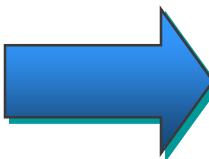
Geometrie:



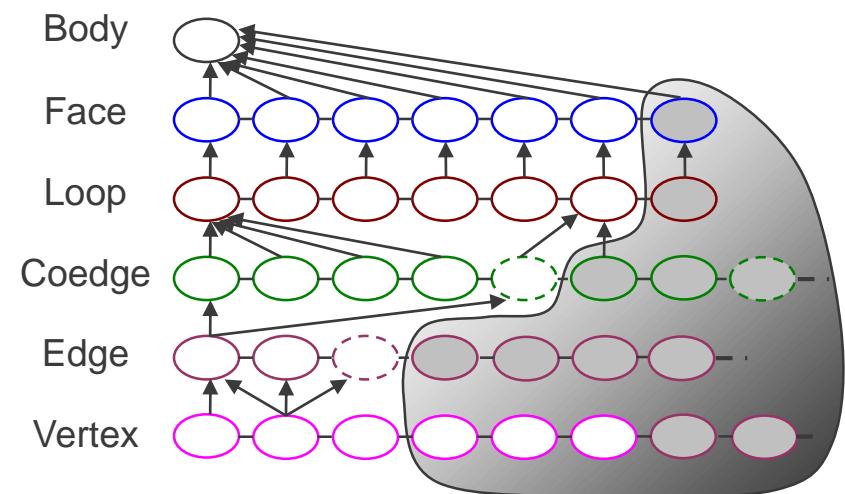
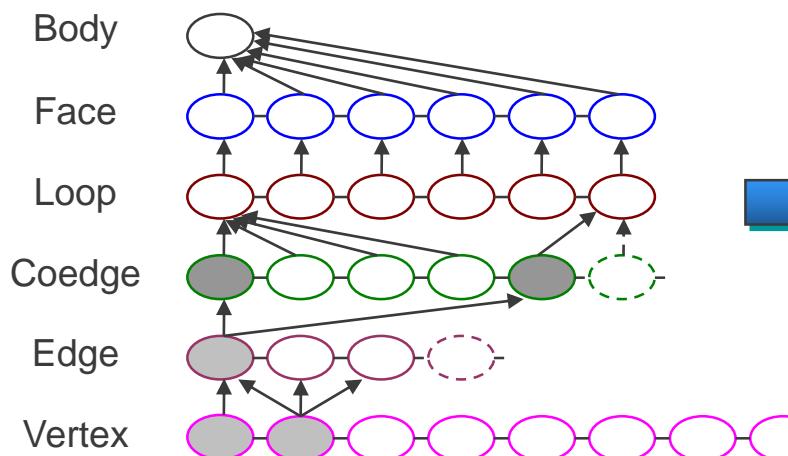
Änderung der BRep-Datenstruktur: Erzeugen einer Fase (vereinfacht)



Gelöscht:
2 Coedges
1 Edge
2 Vertices



Erzeugt:
1 Face
1 Loop
8 Coedges
4 Edges
4 Vertices

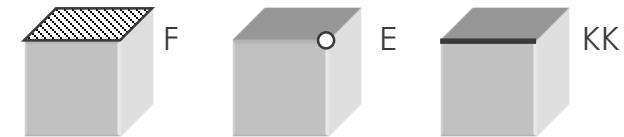


Prüfung von BRep-Modellen

Einfache Körper: einfache Polyederformel nach EULER:

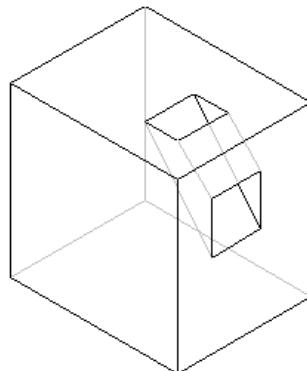
$$F + E - KK - 2 = 0$$

F: Anzahl der Flächen
E: Anzahl der Eckpunkte
KK: Anzahl der Körperkanten



Komplexe Körper: erweiterte Polyederformel nach Euler-Poincaré:

$$2F - ER + E - KK - 2S + 2D = 0$$



Beispiel:

Anzahl der Flächen: 10
Anzahl der Eckpunkte: 16
Anzahl der Körperkanten: 24
Anzahl der Eckpunkttringe: 12
Anzahl der Flächenschalen: 1
Anzahl der Volumendurchbrüche: 1
 $=> 2*10 - 12 + 16 - 24 - 2 + 2 = 0$

F: Anzahl der Flächen
E: Anzahl der Eckpunkte
KK: Anzahl der Körperkanten
ER: Anzahl der Eckpunkttringe
S: Anzahl der Flächenschalen
D: Anzahl der Volumendurchbrüche

oder als Bearbeitungsschritt "Erzeugen eines Durchbruches": $2*4 - 6 + 8 - 12 + 2 = 0$

CSG-Modell

Generatives Volumenmodell

Volumen wird aus Vorrat von Grundvolumenmodellen nach den Regeln der Booleschen

Algebra aufgebaut

Verknüpfungsoperationen (Entstehungshistorie) werden im CSG-Baum gespeichert

Visualisierung des CAD-Modells über aus Evaluierung des CSG-Baumes abgeleiteten

Daten

Modelkonsistenz ist stets gewährleistet

Geringer Eingabeaufwand

Leichte Überführung in andere Geometriemodelle

Geringer Speicherplatzbedarf

Möglichkeit, alle Elemente in ihrer Gesamtheit zu manipulieren

Je Bildneuaufbau muss das Modell neu evaluiert werden

Einbeziehung von Freiformflächen ist schwierig

Keine Informationen über wirkliche Flächen und Kanten des Objektes im CSG-Baum speicherbar

Einzelne Elemente des Volumens lassen sich nicht ohne weiteres manipulieren

/ Datenstrukturen

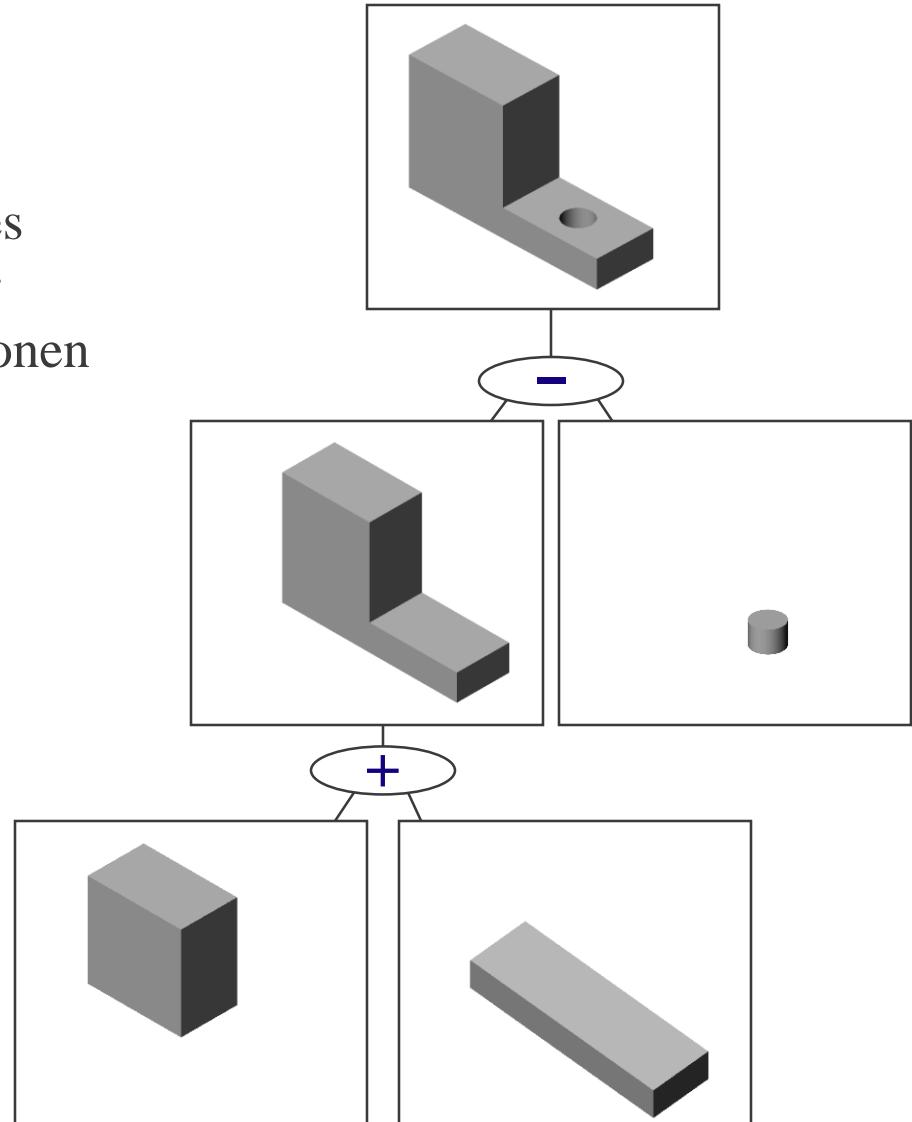
Bezeichnung auch als operatives oder Boolesches Modell

Erzeugung eines abgebildeten Objektes durch definierte Volumengrundkörper (Volumenprimitive) und Basisoperationen auf diese Körper

- Addition : +

- Subtraktion : -

- Schnitt: \cap

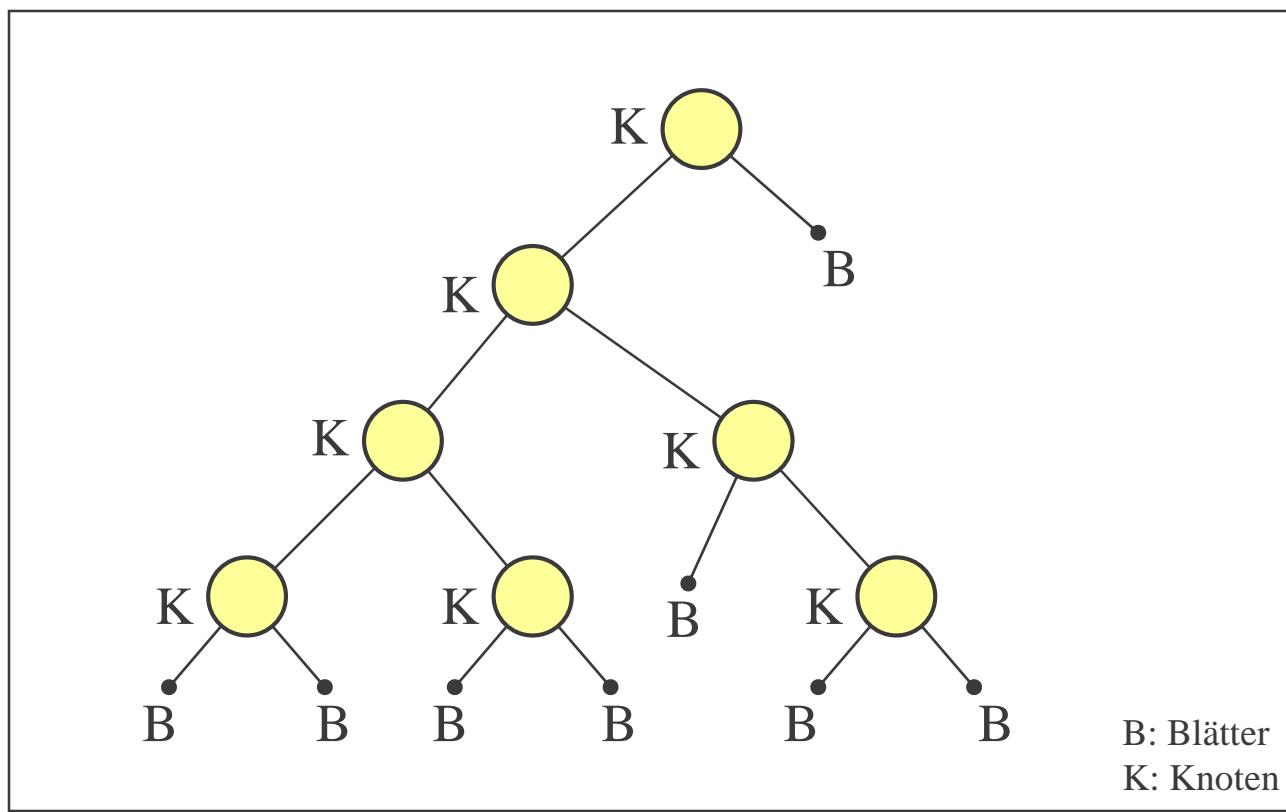


Aufbau des geometrischen CSG-Modells

Datenstrukturelemente:

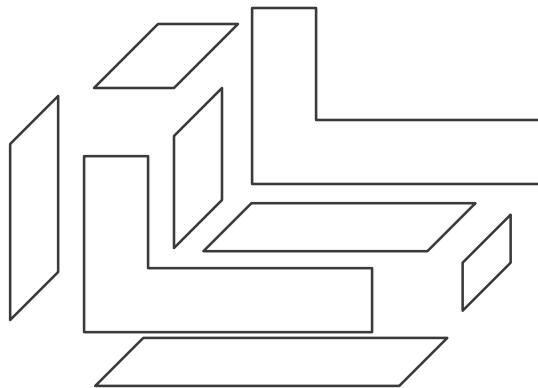
- Volumenprimitive mit Transformationsmatrizen
- Operatoren

Anordnung der Elemente in binärer Baumstruktur:



Vergleich BRep <==> CSG

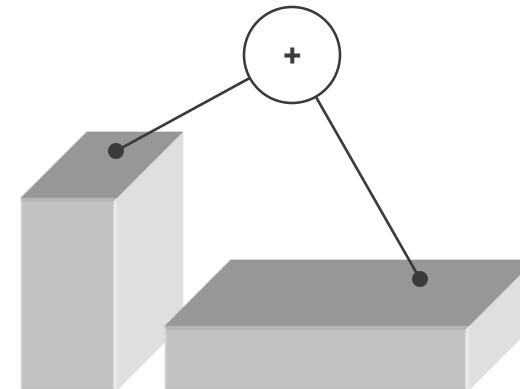
BRep-Datenstruktur



gespeichert:

- geometrische Primitive des Objektes
 - Relationen
- Charakteristika:
 - explizite Datenstruktur, evaluiert
 - komplexe Netzwerkstruktur
- Elemente des modellierten Objektes direkt manipulierbar
- Möglichkeiten des Anbringens technologischer Informationen an beliebige Elemente des Objektes
 - keine Info über Verknüpfungshistorie

CSG-Datenstruktur



gespeichert:

- Volumenprimitive mit Transformationen
- „Verknüpfungshistorie“ (boolesche Operationen)
- Charakteristika:
 - implizite Datenstruktur, nicht evaluiert
 - binäre Baumstruktur, kompakte Speicherung
 - alle Elemente in ihrer Gesamtheit manipulierbar, wobei jedes für sich seine autonome Existenz behält.
 - keine Info über wirkliche Flächen und Kanten des Objektes

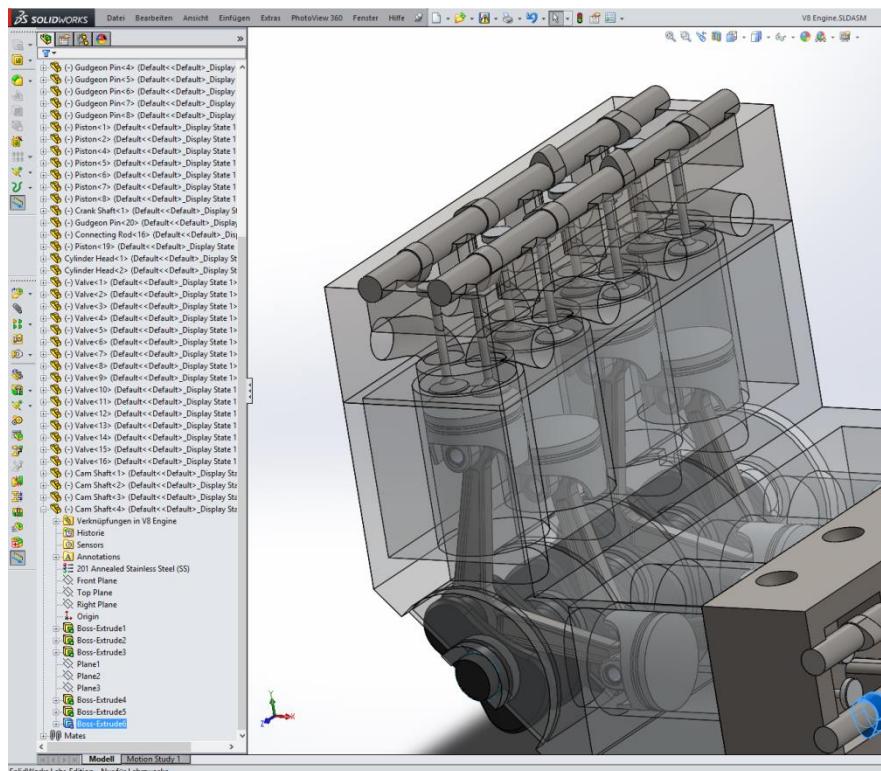
Datenmodell SolidWorks

Solidworks verwendet (wie die meisten featureorientierten CAD-Systeme) ein hybrides Datenmodell.

Die Struktur des Modells entspricht der Feature-Struktur.

An der „aktuellen“ Position innerhalb dieser Struktur, wird ein BREP-Modell verknüpft und evaluiert. (Angabe dieser Position mit Hilfe der Einfügemarken)

Dadurch werden die Vorteile der jeweiligen Ansätze kombiniert.



CAD-Kernel / Modellierkern

Als Modellierkern (engl. geometry kernel) bezeichnet man den Kern zur **Geometriebeschreibung** und -darstellung, der in CAD-Systemen verwendet wird.

Es gibt derzeit zwei weitverbreitete kommerzielle Modellierkerne, die von verschiedenen CAD-Herstellern lizenziert sind und somit in unterschiedlichen CAD-Programmen verwendet werden



CAD-Kernel / Modellierkern

Als Modellierkern (engl. geometry kernel) bezeichnet man den Kern zur **Geometriebeschreibung** und -darstellung, der in CAD-Systemen verwendet wird.

Es gibt derzeit zwei weitverbreitete kommerzielle Modellierkerne, die von verschiedenen CAD-Herstellern lizenziert sind und somit in unterschiedlichen CAD-Programmen verwendet werden

1. ACIS

entwickelt von der Firma Spatial Corp, die heute zum Dassault-Konzern gehört.



Der Kernel wird (zum Teil stark modifiziert) in ca. 120 CAD-Systemen, wie z.B. AutoCAD Mechanical Desktop, Inventor, CADdy, MegaCAD, LogoCAD, CoCreate Modeling als Basis genutzt.

2. Parasolid

entwickelt von der Firma UGS, die heute zum Siemens-Konzern gehört. Der Kernel wird außer in dem UGS-systemeigenen CAD-System NX unter Anderem von SolidWorks und Solid Edge genutzt.



- ◆ **Granite One**

von PTC entwickelt und ausschließlich in Pro/Engineer genutzt.



- ◆ **Catia Geometric Engine**

Kern von CATIA (Dassault Systems)



- ◆ **Shape Manager**



ein auf dem ACIS 7.0 -Kernel aufbauender Geometrie-Kern von Autodesk. Er kommt in den neuen Versionen von AutoCAD und Inventor zum Einsatz.

- ◆ **Open CASCADE**

Frei verfügbares Modelliersystem „**Open CASCADE**“ , das ein in C++ geschriebenes quelloffenes Software Development Kit (SDK) für Linux, Solaris und Windows ist.



ACIS ist ein objektorientierter Geometriemodellierkern, der für Applikationen im Bereich der dreidimensionalen Geometriemodellierung und Geometriedatenverarbeitung entwickelt wurde

Modellieren von Draht-, Flächen und Volumenmodellen in einer einzigen Umgebung durch Koexistenz der Daten

Ein ACIS- Modell kann sich aus Kombinationen verschiedener Modelle zusammensetzen (gemischte Dimensionalitäten)

Ein abgeschlossenes Volumen (Solid) kann durch interne Flächen in einzelne “Zellen“ eingeteilt werden

Unterstützung von manifold (real fertigbare) und non-manifold (nicht fertigbare) Geometrie

Geometrie, die sich mit Hilfe linearer oder quadratischer Gleichungen beschreiben lässt, wird analytisch beschrieben

Freiformflächen werden mit Hilfe von NURBS repräsentiert



Quelle: Spatial Technology Inc.

BRep-Modell Parasolid im Überblick

Geometriemodellierungskern über analytisches BRep-Modell

Körper können in Zellen gegliedert sein

Freiformflächen (Oberflächen)-modellierung ist integriert

Mathematische Genauigkeit besteht von einfachen Körpern bis zu komplexen Oberflächen

Verwendung bei CAD/CAM/CAE-Anwendungen im Maschinenbau und im Architektur-, Bau- sowie Virtual Reality-Bereich

Bibliothek von über 500 objektorientierten Routinen

Schnittstelle über C, C++ und Visual C++

Windows NT- und UNIX- Plattform

Produkte: Unigraphics NX, Solid Edge, SolidWorks, Microstation

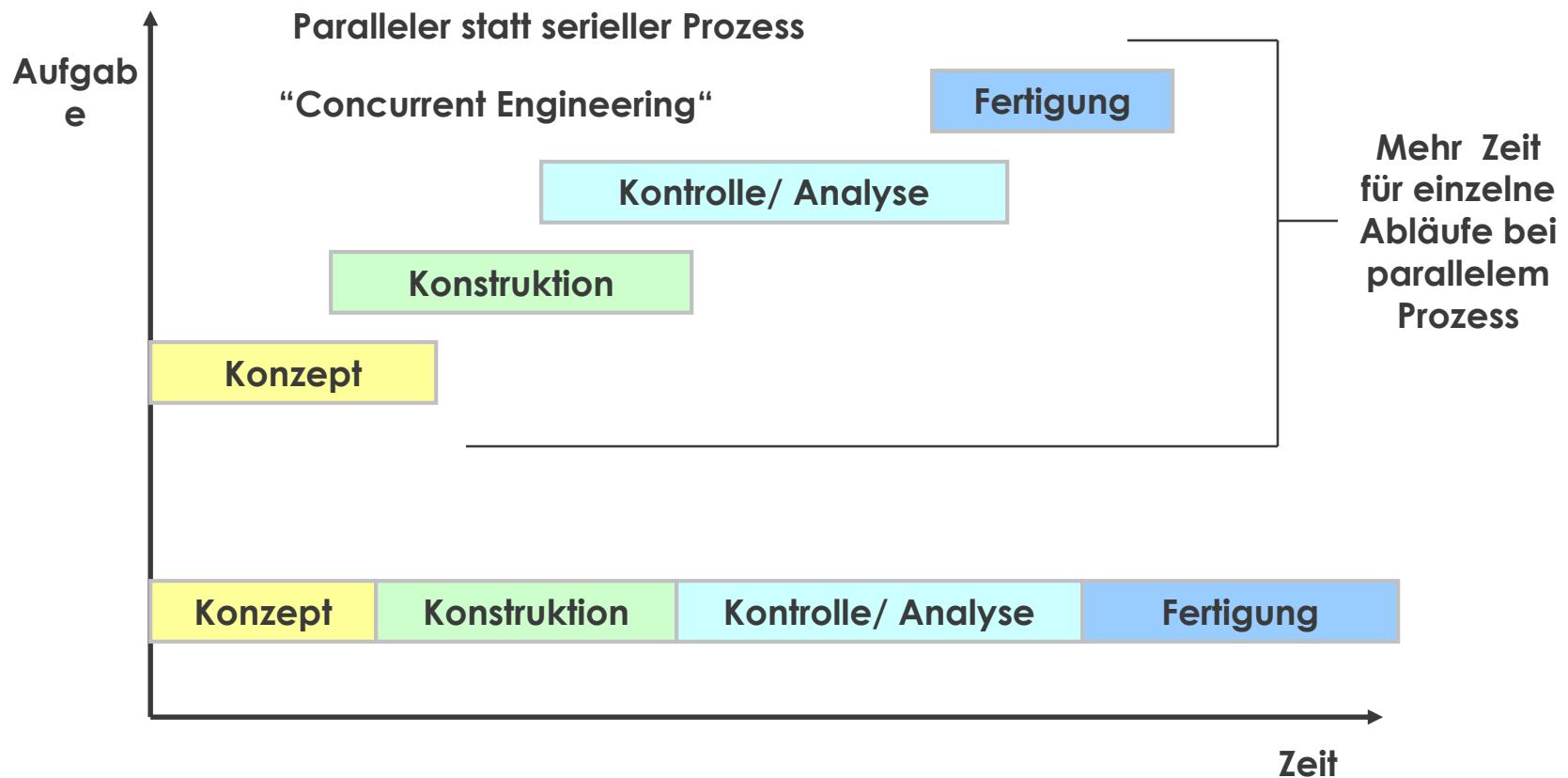
325.000 User-Lizenzen im Einsatz (2Q99).



Quelle: <http://www.plmsolutions-eds.com>

/ Datenstrukturen

Vorteile des Volumenmodells



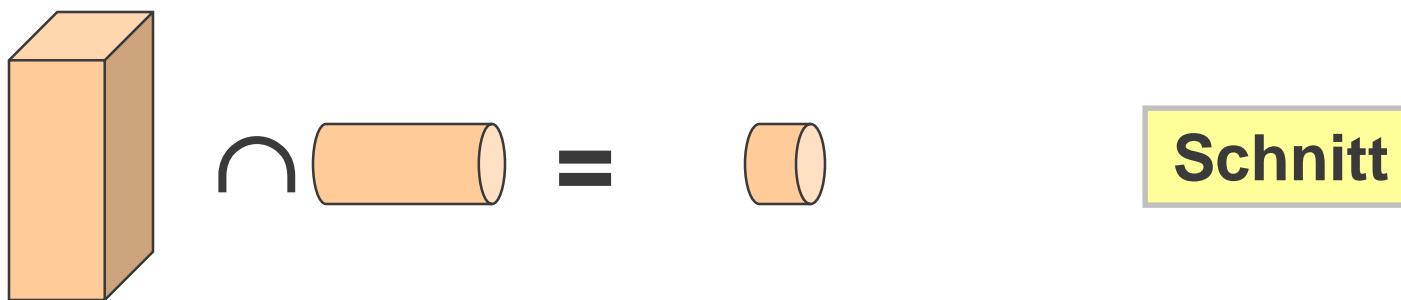
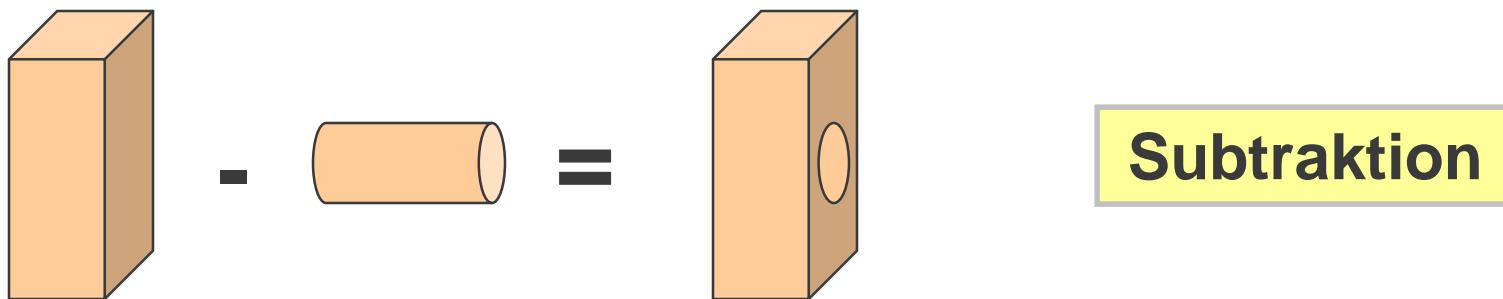
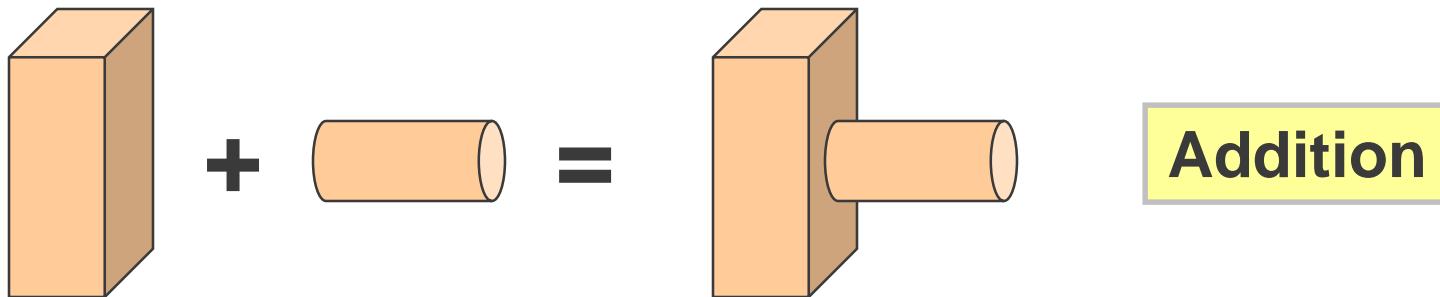
Modellieretechniken

- Volumenerzeugung
- Volumensubtraktion
- Oberflächen
- Kurven
- Trennlinien und Flächen

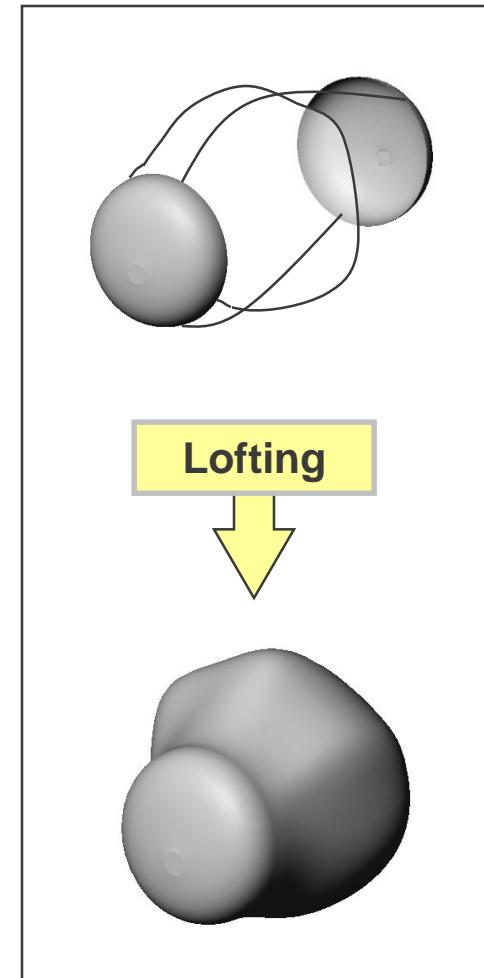
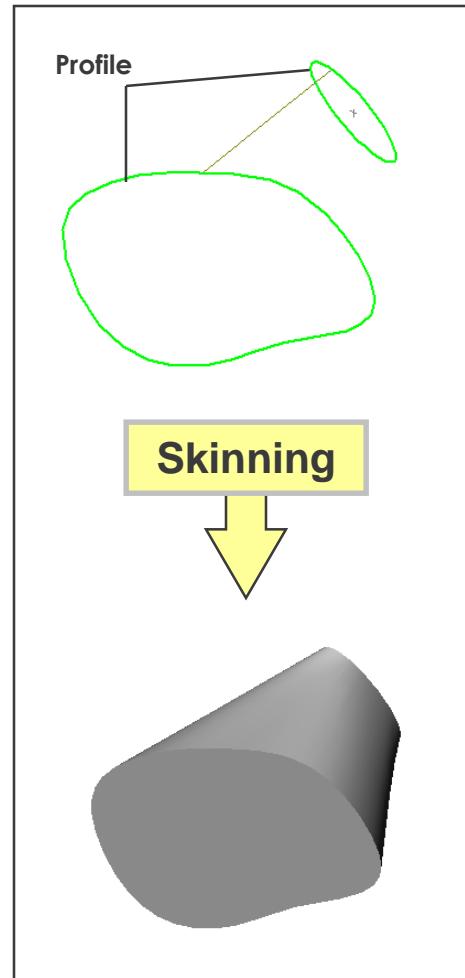
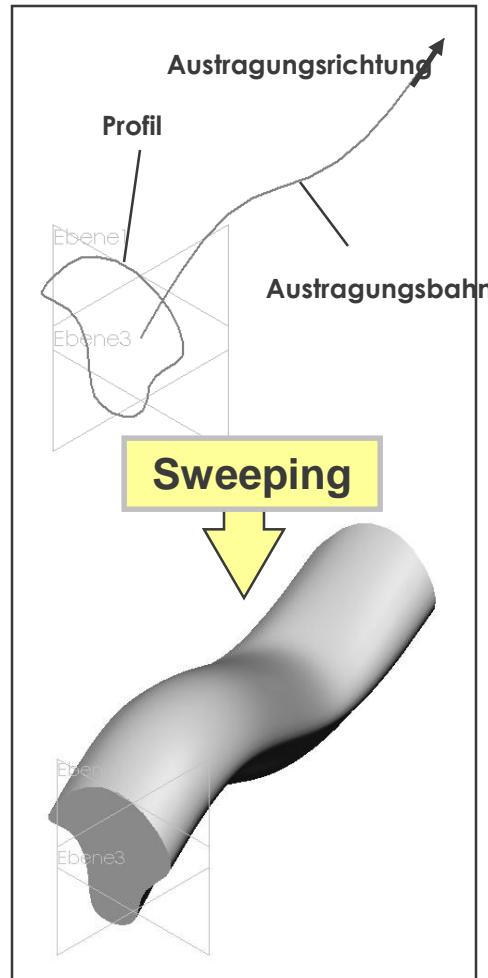
3D-Generierungstechniken

- **Boolesche Operationen** (Addition, Subtraktion, Durchschnitt)
- **Expansion zweidimensionaler Profile** (Extrudieren, Rotieren)
- **Formelementkonstruktion** (Feature- Design)
- **3D- Digitalisierung** (Scannen)
- **Freiformflächen- Generierungstechniken** (Sweeping, Lofting, Skinning)

Boolesche Operationen



Geometrieerstellung von Freiformflächen



mathematische Verfahren für Freiformflächen

Bezier-Splines

- keine lokale Manipulation durch Hinzufügen oder Löschen von Punkten
- viele Stützpunkte für gute Anpassungsfähigkeit bewirken hohen Polynomgrad
- für Freiformkurven und -flächen
- relativ stabil

Nachteile:

- langsamere Algorithmen als bei analytischen Geometriearten
- numerische Genauigkeit nur schwer zu erzielen
- keine exakte Nachbildung analytischer Kurven
- große Datenmengen

B-Splines

- Stützpunkte können hinzugefügt und gelöscht werden, dadurch lokale Manipulation im Bereich weniger Punkte möglich
- Stützpunkte haben keinen Einfluss auf den Grad der Kurve
- für Freiformkurven und -flächen
- relativ stabil

Nachteile:

- langsamere Algorithmen als bei analytischen Geometriearten
- numerische Genauigkeit oft nur schwer zu erzielen
- keine exakte Nachbildung

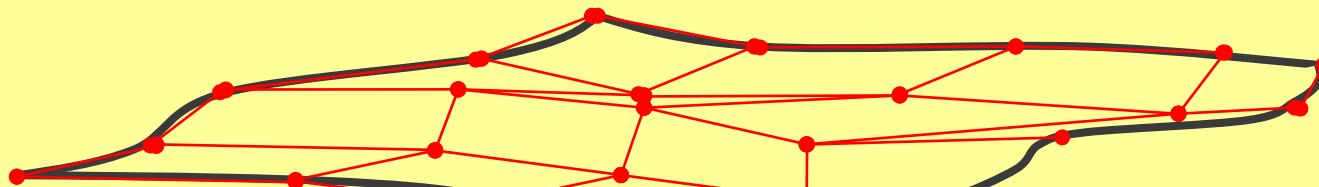
NURBS

(Non-uniform rational B-Splines)

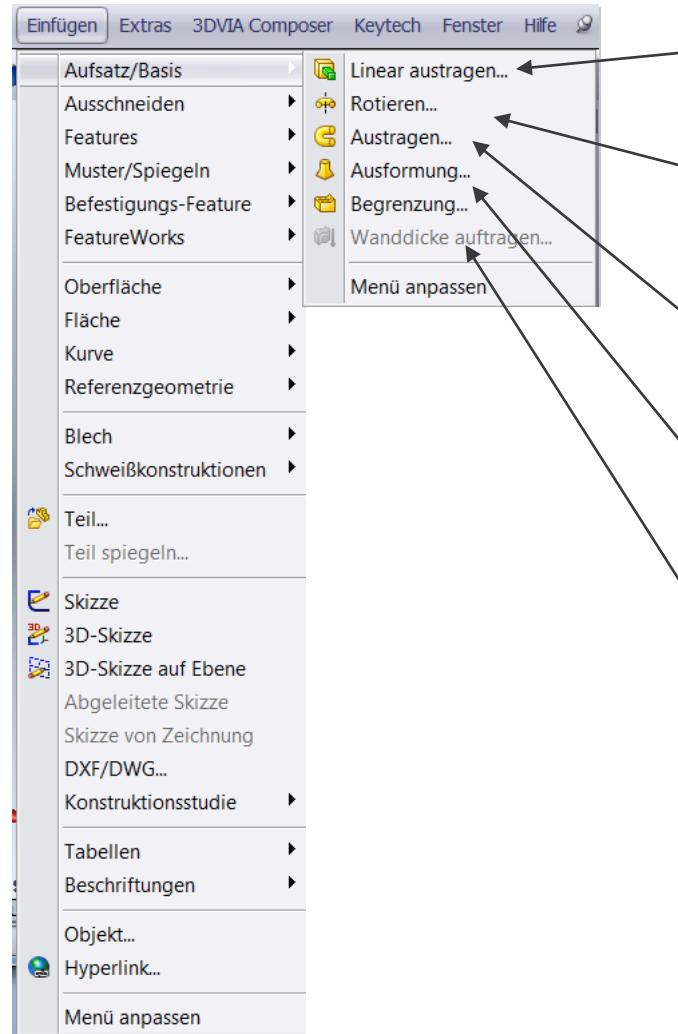
- Entpricht B-Splines mit einem weiteren Freiheitsgrad
- Gewichtung jedes Polygonpunktes; eine hohe Gewichtung bewirkt, dass die Fläche dichter an den Polygonpunkt rückt
- exakte Wiedergabe analytischer Geometrie
- für Freiformkurven und -flächen

Nachteile:

- langsamere und instabilere Algorithmen als bei analytischen Geometriearten
- nicht alle Modelloperationen (z.B. Lofting) lassen sich ohne weiteres umsetzen



Funktionen zur Volumenerzeugung in SolidWorks



Extrudieren einer Skizze in senkrechter Richtung zur Skizzierebene

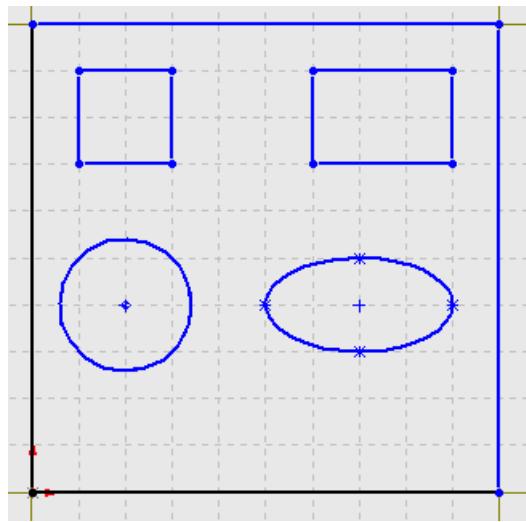
Rotieren eines Skizzenprofils um eine in der Skizze vorhandene Mittellinie

Austragen eines Skizzenprofils entlang einer Leitkurve

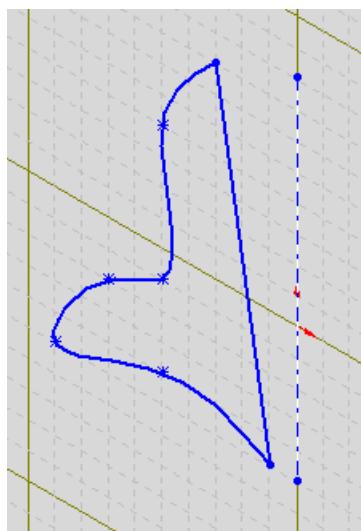
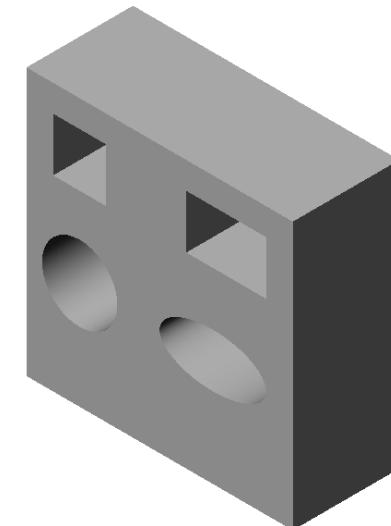
Erzeugen von Volumen durch "Bespannen" von mehreren Skizzenprofilen mit / ohne Leitkurve

Erzeugen von Volumen durch Auftragen einer Wandstärke auf eine vorhandene Oberfläche

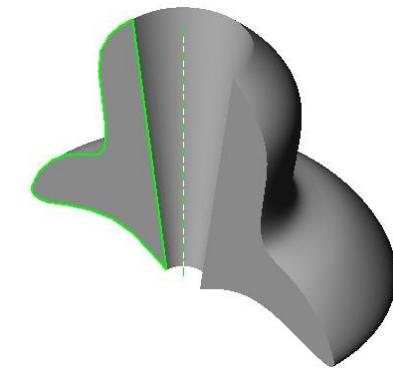
Funktionen zur Volumenerzeugung: Linear Austragen und Rotieren



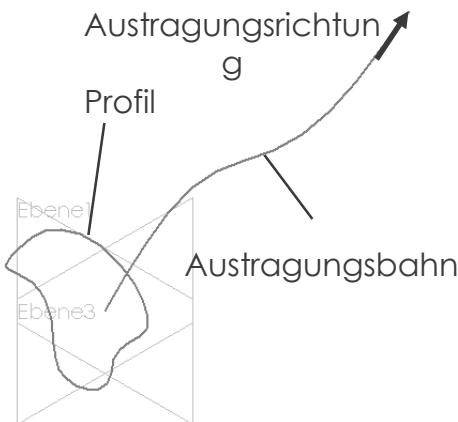
**Linear Austragen
(Extrudieren)**



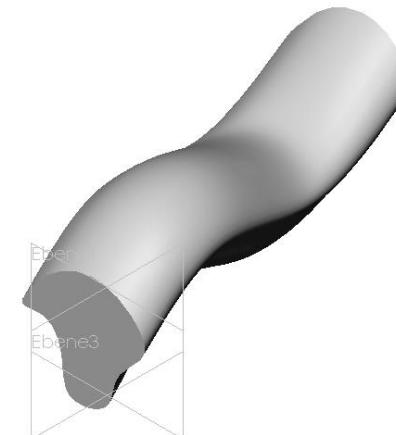
**Rotieren
(Revolve)**



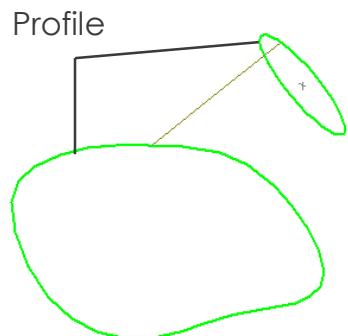
Funktionen zur Volumenerzeugung: Austragen und Ausformen



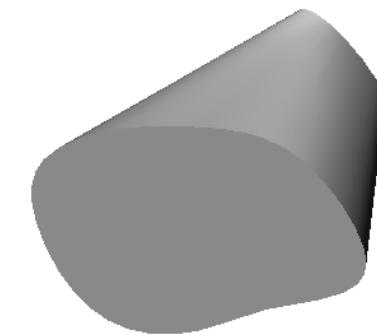
Austragung
(Sweeping)



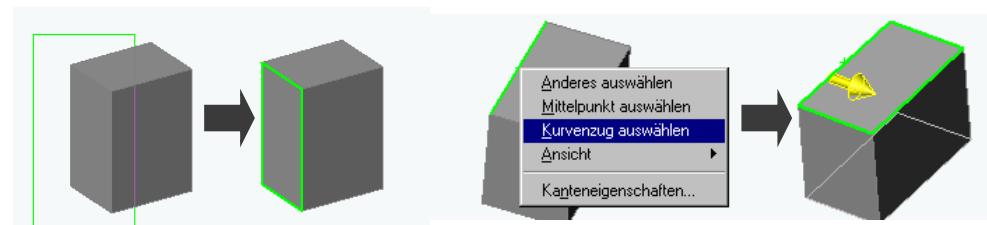
Hinweis: Die Austragungsbahn kann auch aus Körperkanten bestehen



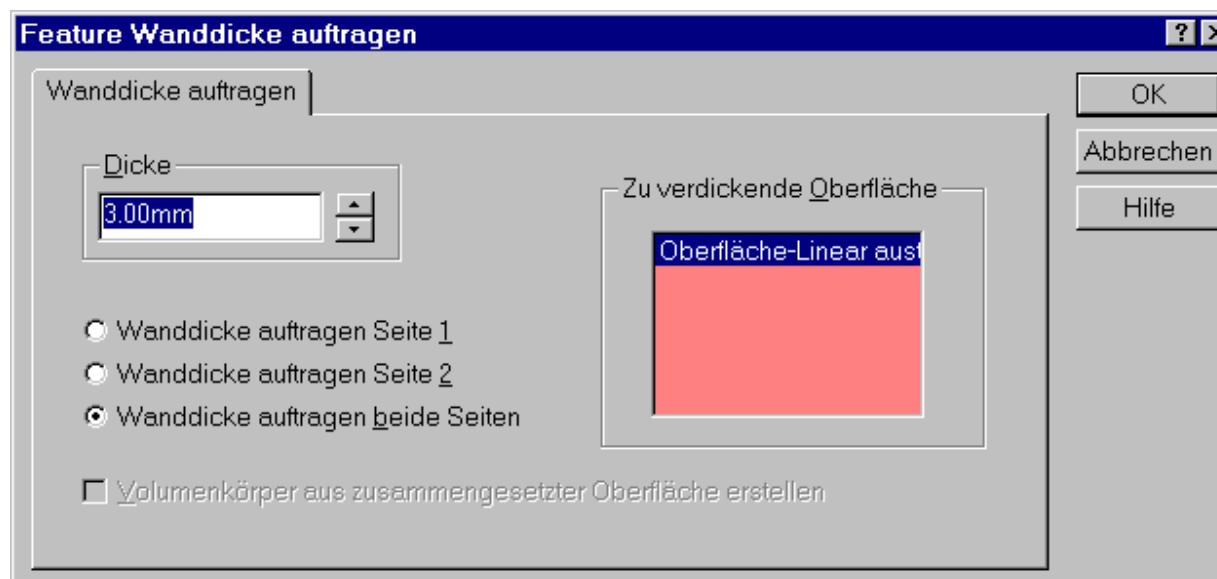
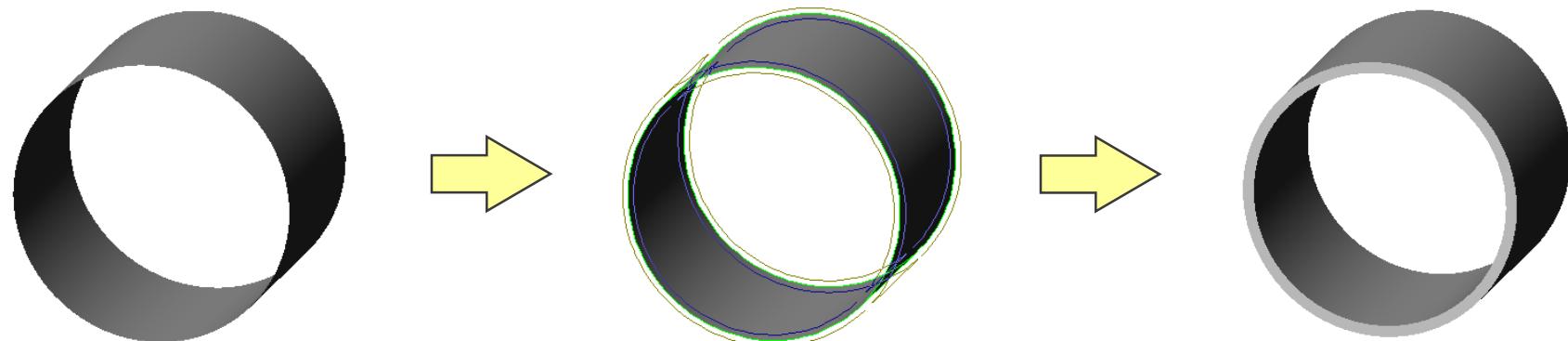
Ausformen
(Skinning, Lofting)



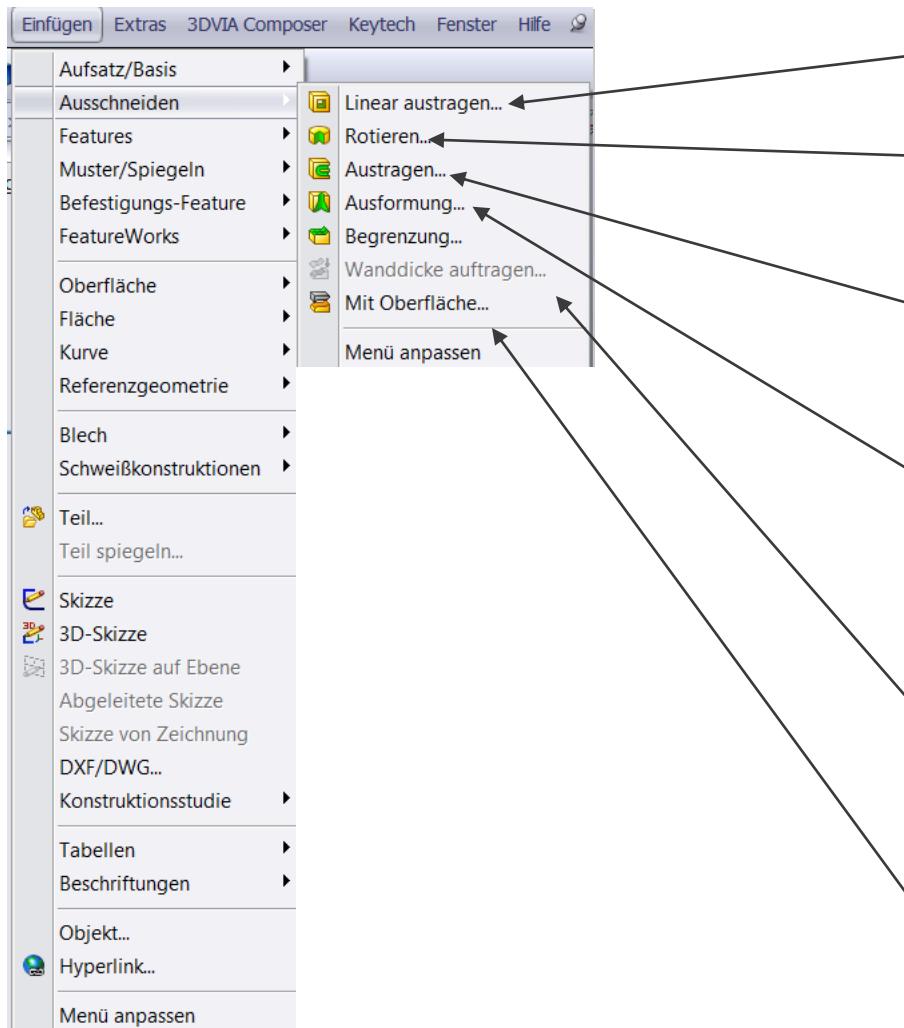
Hinweis: Aus Körperkanten *zusammengesetzte Kurven* (*Menübefehl*) oder Körperflächen sind auch als Profile gültig. Die Auswahl von geschlossenen Kurvenzügen kann durch eine Auswahlbox im 3D-Fenster oder über r. MT. *Kurvenzug auswählen* erleichtert werden.



Funktionen zur Volumenerzeugung: Wanddicke auftragen



Funktionen zur Volumensubtraktion in SolidWorks



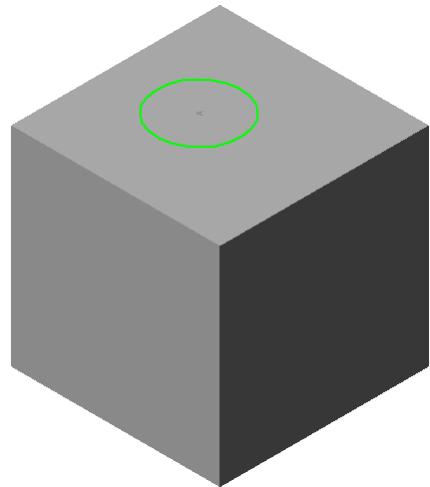
Schnitt eines Teils mit einer Skizze in senkrechter Richtung
Rotierter Schnitt einer Skizze um eine in der Skizze vorhandene Mittellinie
Subtrahieren von Volumen, das durch Austragen einer Skizze mit Leitkurve entsteht.

Subtrahieren von Volumen, das durch “Bespannen“ von mehreren Skizzen mit / ohne Leitkurve entsteht.

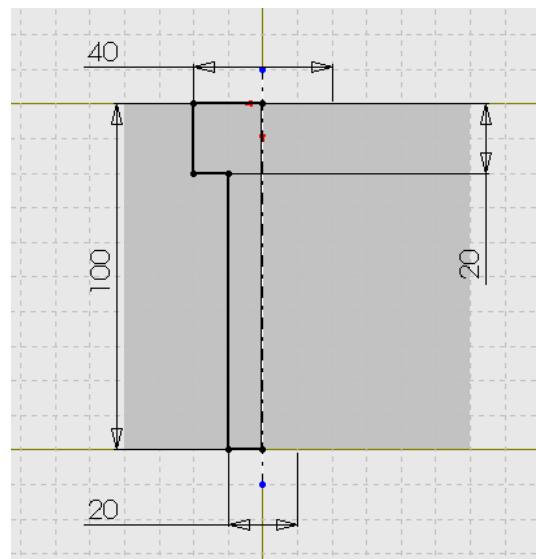
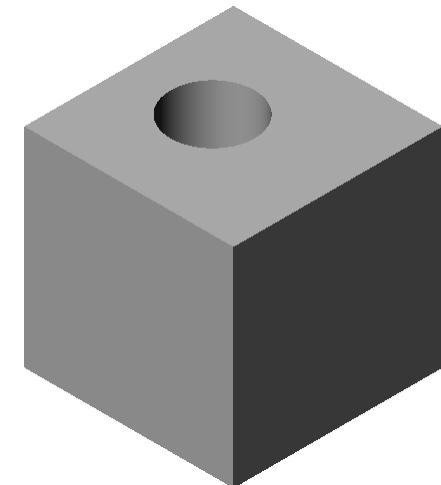
Subtrahieren von Volumen, das durch Auftragen einer Wandstärke auf eine vorhandene Oberfläche entsteht.

Abtrennen von Volumen eines Körpers durch eine Oberfläche, die den Körper in mindestens zwei Bereiche teilt.

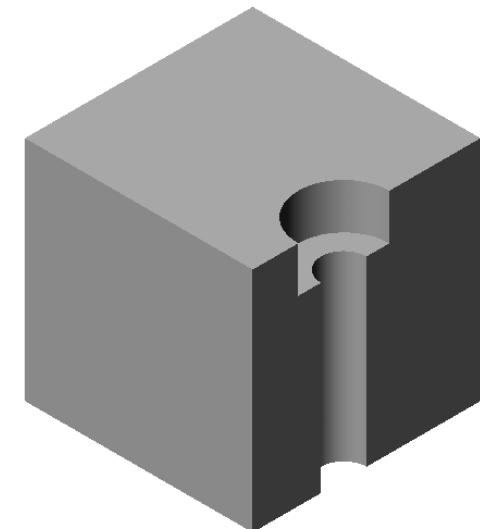
Funktionen zur Volumensubtraktion: Linear Austragen und Rotieren



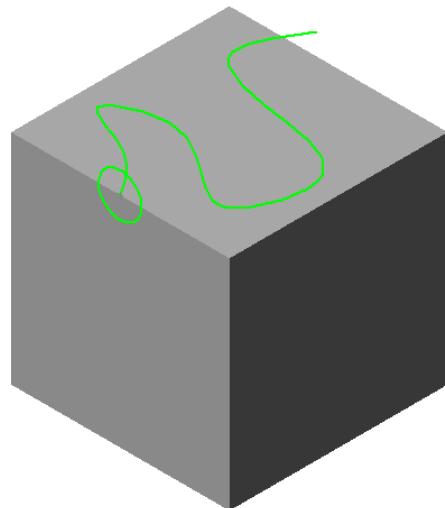
Schnitt Linear
Austragen



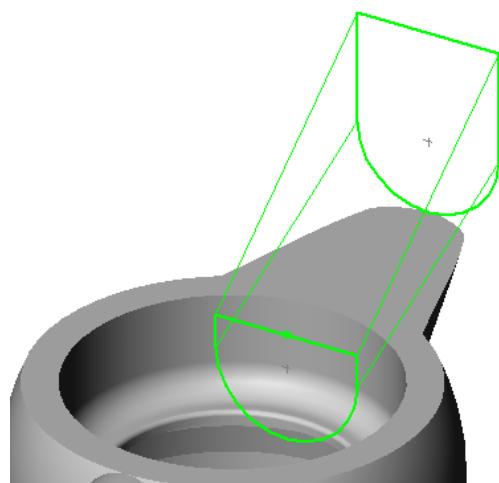
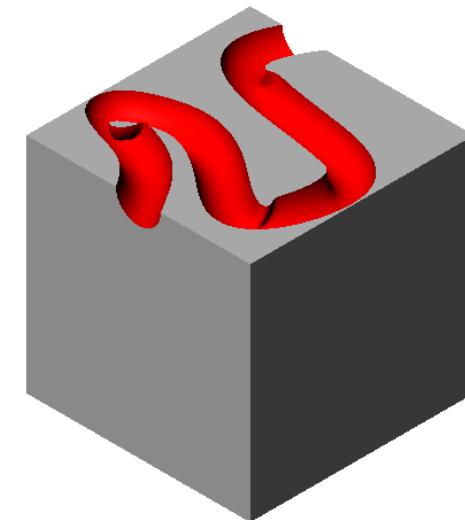
Rotierter
Schnitt



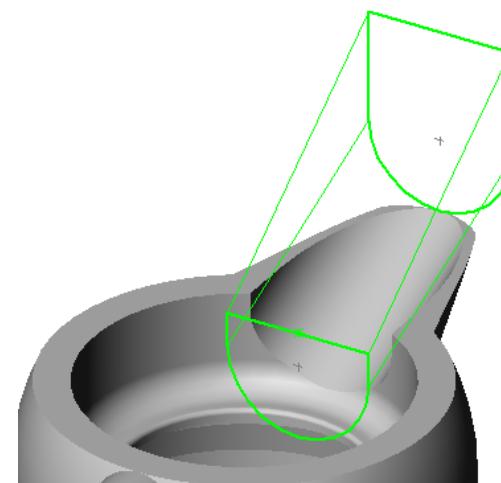
Funktionen zur Volumensubtraktion: Austragen und Ausformen



Ausgetragener
Schnitt

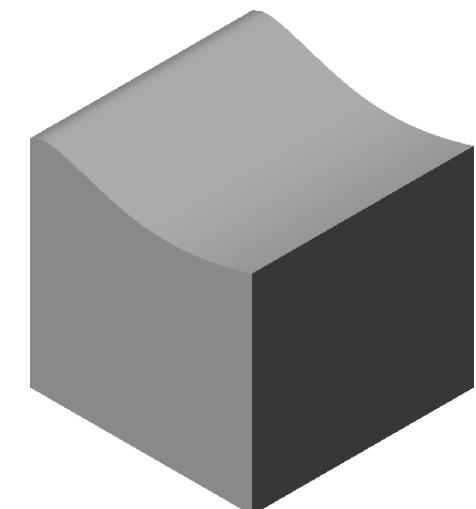
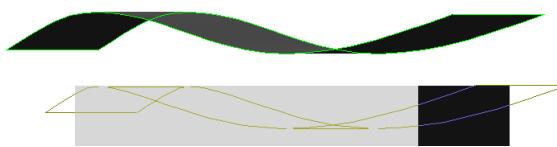
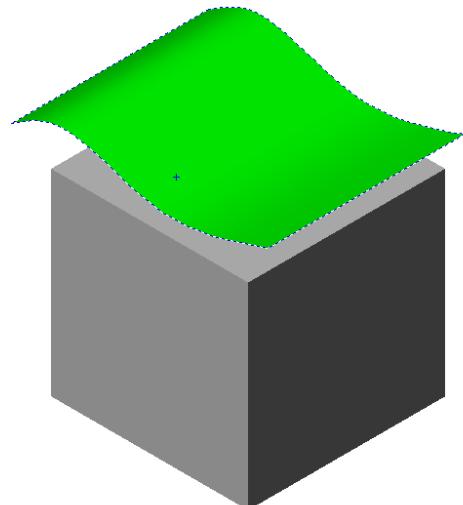


Ausgeformter
Schnitt

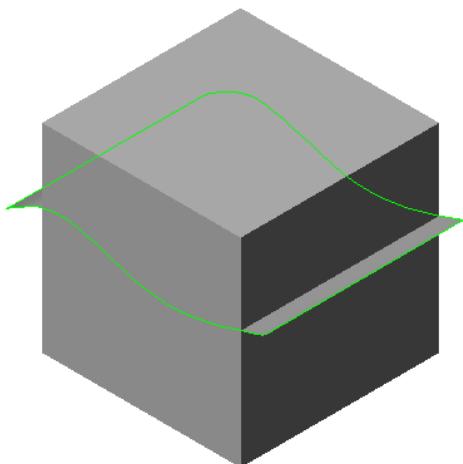


Hinweis: Die Austragungsbahn kann auch aus Körperkanten bestehen

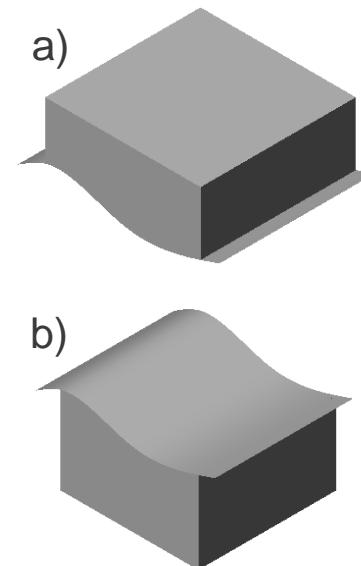
Funktionen zur Volumensubtraktion: Einsatz von Oberflächen



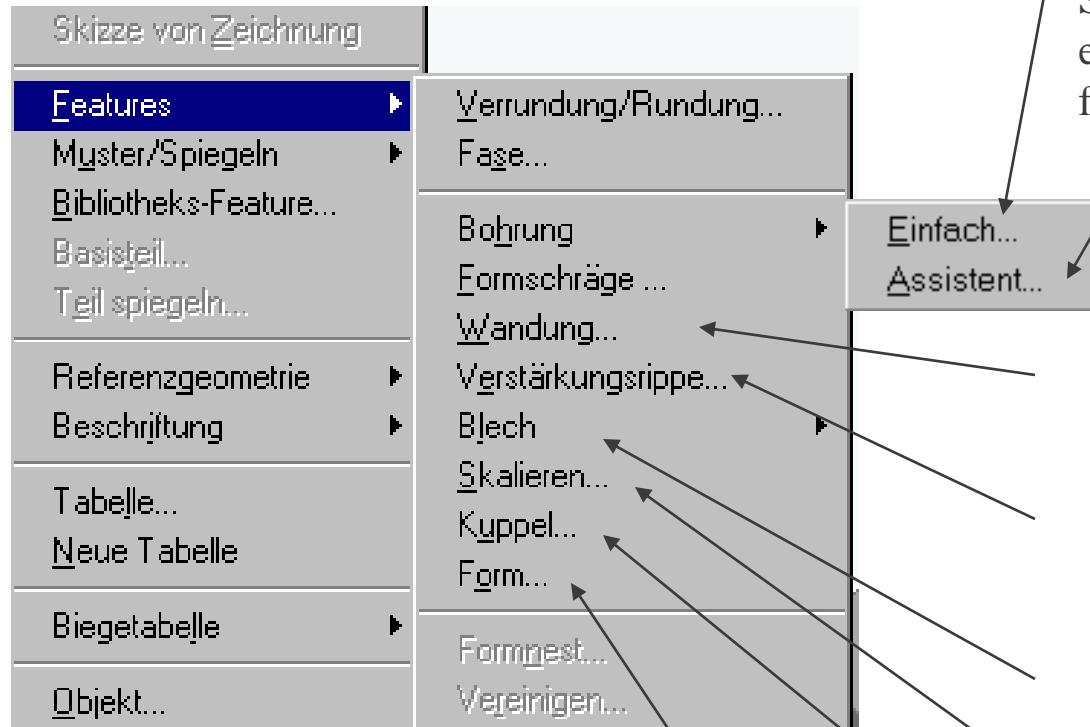
Schnitt
Mit Wanddicke
Auftragen



Schnitt
Mit Oberfläche
und Wahl der Schnittseite



Elemente des Menüpunktes *Features*



Erzeugt einen linear ausgetragenen Schnitt einer Kreisfläche und damit eine einfache Bohrung mit Optionen für die Tiefe und Formschräge

Erzeugt Bohrungen durch Auswahl eines vorgegebenen Typs, z.B. "Stirnsenkung"

Erzeugt einen Hohlkörper mit konstanter Wandstärke

Erzeugt eine Verstärkungsrippe an zwei sich schneidenden Flächen

Erzeugt Abwicklungen von dünnen Blechteilen

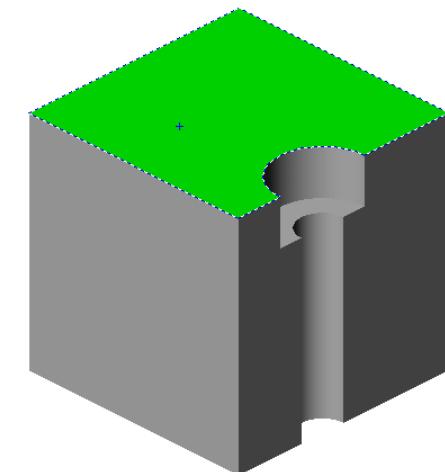
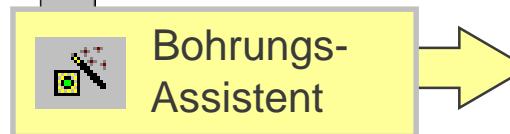
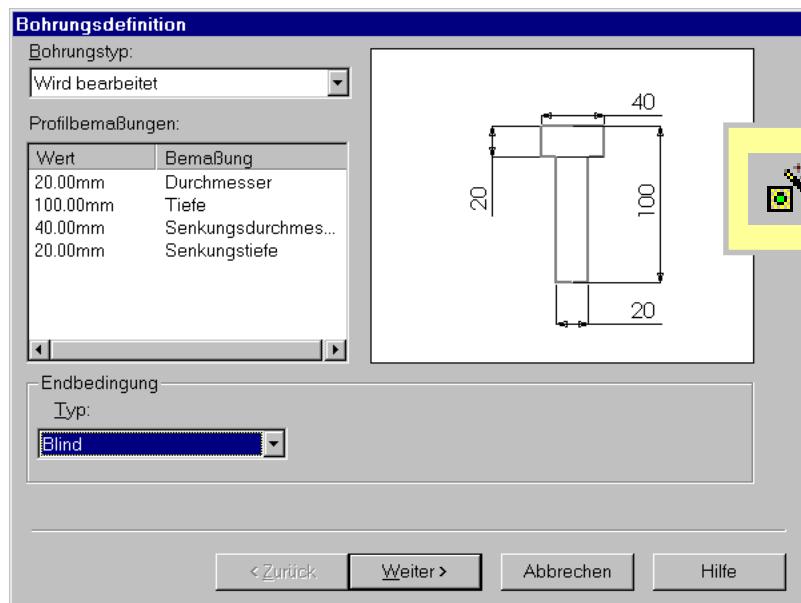
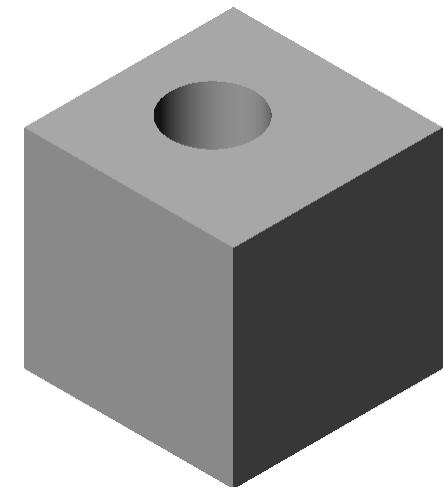
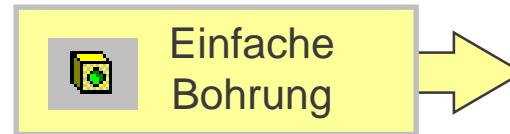
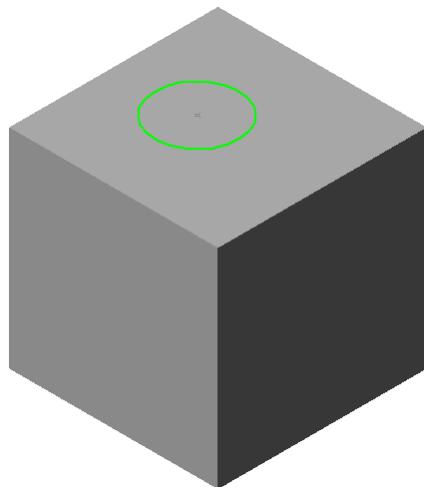
Skaliert ein Teil bezüglich eines Punktes

Erzeugt eine Kuppel auf einer Modellfläche

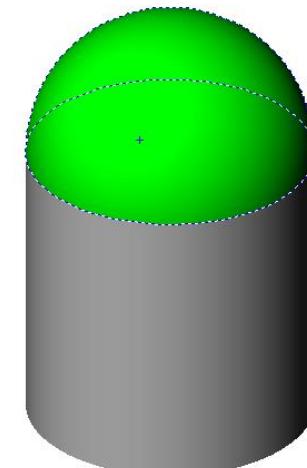
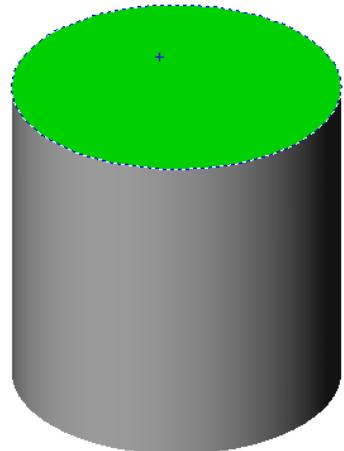
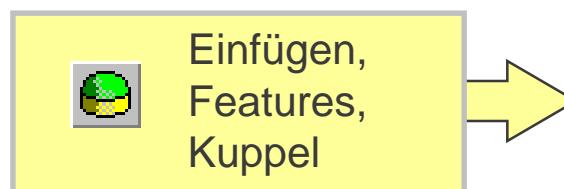
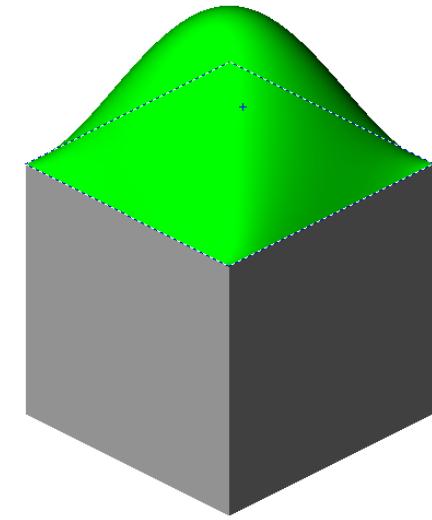
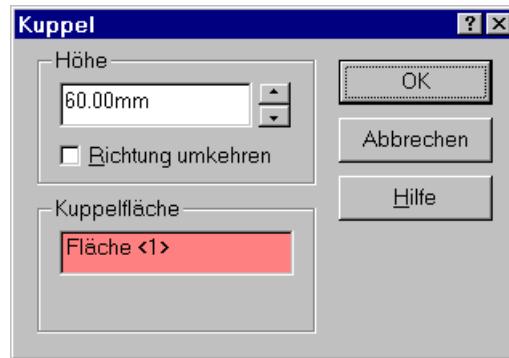
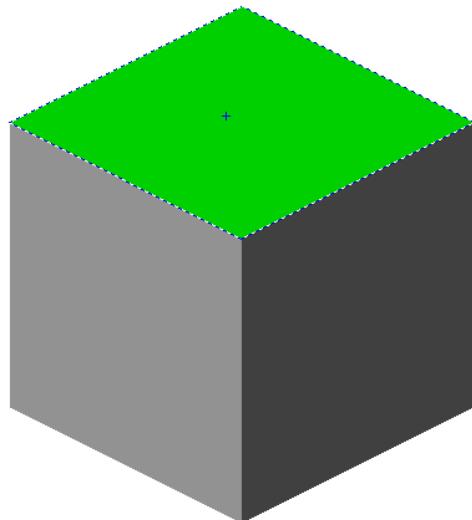
Erzeugt eine Kuppel mit erweiterten Optionen

Feature *Bohrung*

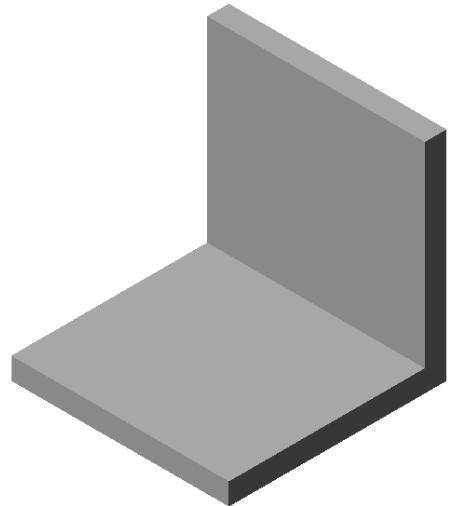
- Fläche auswählen und Befehl durch Einfügen, Features, Bohrung Einfach/Assistent ausführen



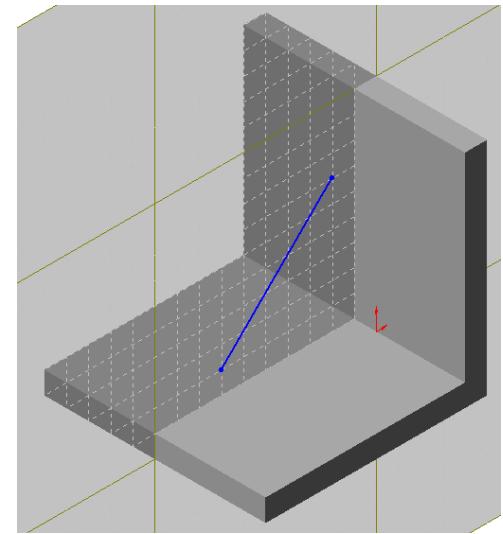
Feature Kuppel



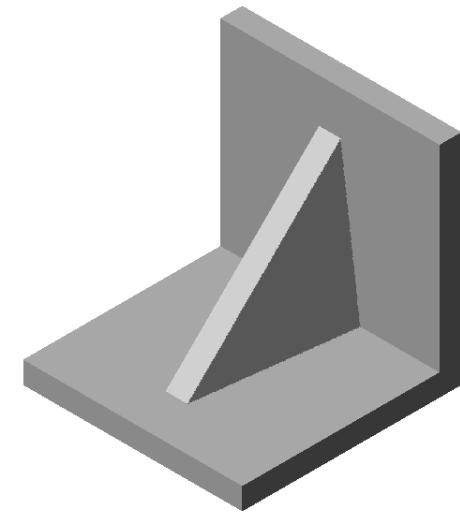
Feature Verstärkungsrippe



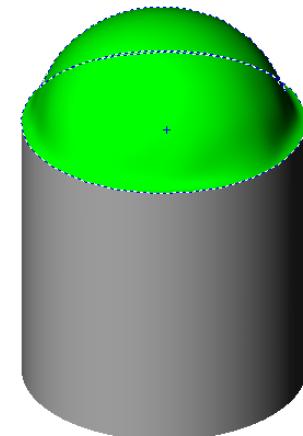
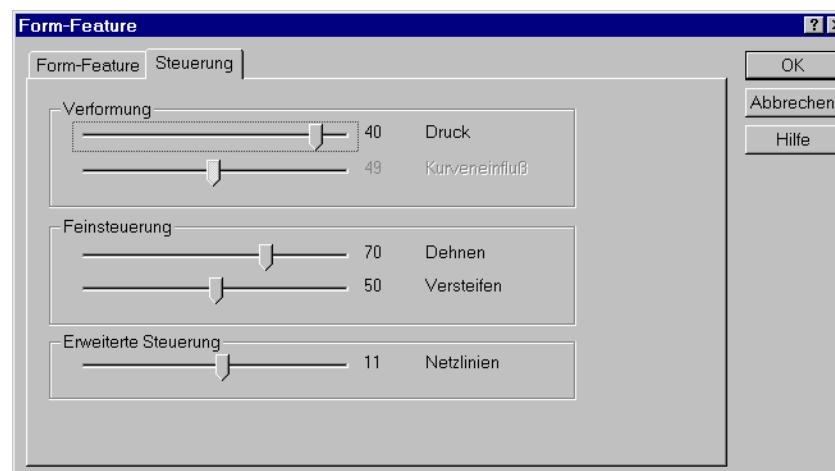
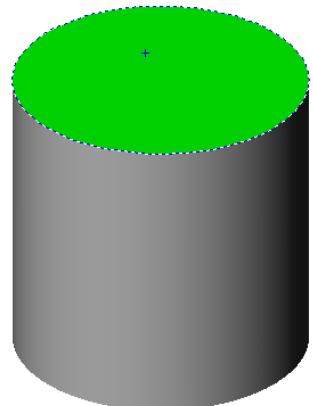
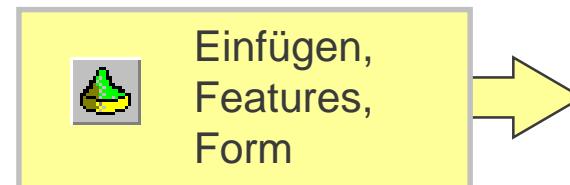
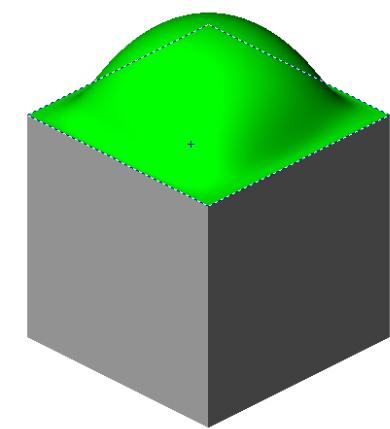
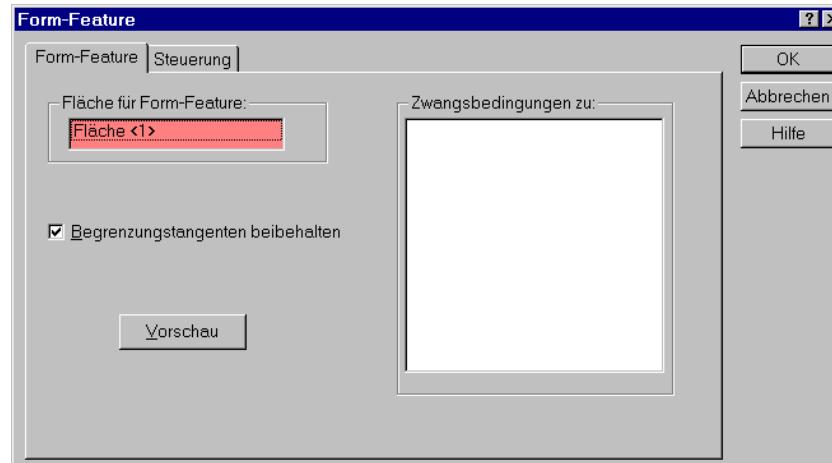
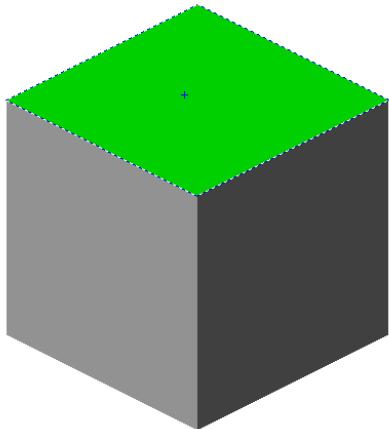
1. Neue Skizze im Bereich der Rippe einfügen



Einfügen,
Features,
Verstärkungsrippe



Feature Form



Bibliotheks- Feature



Ein Bibliotheks-Feature ist ein Feature oder eine Kombination von Features, die einmal erstellt werden und für häufige Wiederverwendung gespeichert werden.

Bibliotheks-Features können einzelne skizzierte Features (Basis oder Schnitt linear ausgetragen oder rotiert), Verrundungen, Bohrungen, die mit dem Bohrungsassistenten erstellt wurden, Fasen, Formschrägen, Verstärkungsrippen, Kuppeln, Gewindedarstellungen, Skizzen, Referenzebenen, Referenzachsen, Zwangsbedingungen zu anderen Skizzen und Muster enthalten.

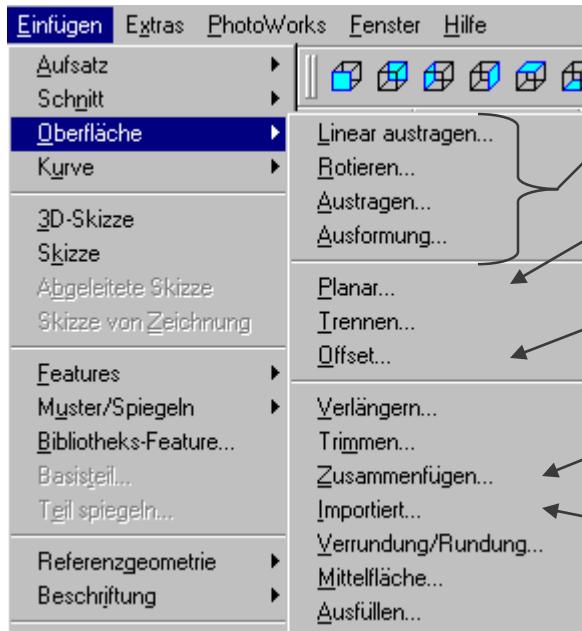
Vorgehensweise für die Erstellung eines neuen Bibliotheks-Features:

1. Erzeugen einer neuen Teildatei mit einem Basis-Feature und ein oder mehreren weiteren Features. Bemaßen der Features zur Basis, falls Bemaßungen beim Plazieren des Bibliotheks-Features im Zielteil zur Bestimmung seiner Position verwendet werden sollen.
2. Auswählen der gewünschten Feature im Feature-Manager (nicht das Basis-Feature)
3. Datei, Speichern unter "Lib Feat Part Files (*.lfp)" aus dem Dateitypmenü
4. Eingabe Namen und Ort für das Teil und Speichern

Bibliotheks-Feature zu einem Teil hinzufügen:

1. Einfügen, Bibliotheks-Feature.
2. Wählen des Bibliotheks-Feature-Teils (.slldlfp), das hinzugefügt werden soll.
3. Um das Bibliotheks-Feature auf dem Zielteil zu finden, klicken Sie auf das Referenzelement (Ebene, Kante etc.), das unter "Verpflichtend" angeführt ist. Jedes Bibliotheks-Feature verfügt über mindestens eine verpflichtende Referenz und kann auch optionale Referenzen haben (wie Elemente, die in Bemaßungen verwendet werden). Während Sie auf die Elemente in der Referenzliste klicken, wird das Element im Bibliotheks-Feature-Fenster hervorgehoben. Wählen Sie das entsprechende Element im Zielteilfenster aus. Wenn Sie auf ein passendes Element auf dem Zielteil klicken, wird das Ausrufungszeichen in der Referenzliste zu einem Häkchen.
4. Wählen Sie Elemente für Optionale Referenzen aus, wenn Sie möchten. Wenn Sie das falsche Element auswählen, doppelklicken Sie auf das Element in der Referenzliste, um seine Auswahl aufzuheben, oder klicken Sie auf "Alles abwählen".
5. Mit O.K. wird das Feature eingefügt.
6. Durch Auswahl mit r.MT im Feature-Baum kann das Bibliotheks-Feature zu einem Standard-Feature aufgelöst werden.

Elemente der Menüpunkte *Oberfläche* und *Kurve*

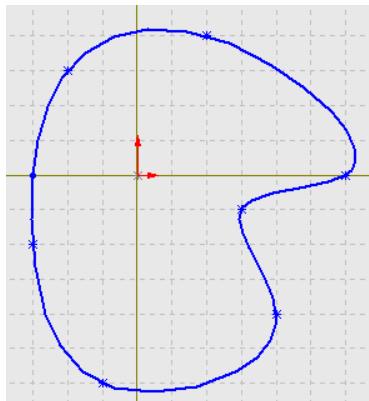


- Erzeugen einer Oberfläche entsprechend der Erzeugung von Volumenkörpern
- Erzeugen einer planaren Oberfläche über ein Skizzenprofil oder durch in einer Ebene liegende Körperkanten
- Erzeugen einer Oberfläche als Offset einer Referenz(ober)fläche
- Zusammenfügen von Oberflächen mit gemeinsamen Schnittkanten
- Einfügen einer Oberfläche z.B. über eine IGES- (*.igs), ACIS- (*.sat) oder VRML-Datei (*.wrl)

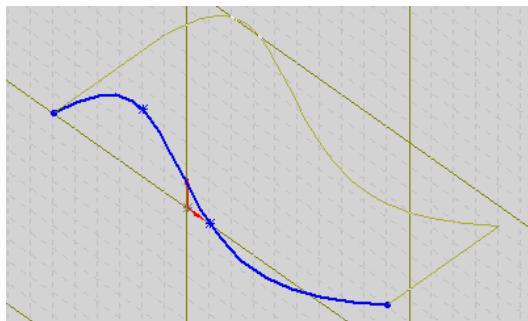


- Erzeugen einer Kurve aus Skizzenelementen und/ oder Körperkanten (z.B. zur Verwendung als Austragungsbahn)
- Erzeugen einer Spirale aus einer Kreisskizze mit Optionen für Steigung, Umdrehungen, etc.
- Trennen einer Fläche durch eine offene oder geschlossene Skizze
- Erzeugen einer Kurve aus Skizzelpunkten und/ oder Körperpunkten
- Erzeugen einer Kurve durch Eingabe oder Einlesen aus einer Datei

Erzeugen von Oberflächen



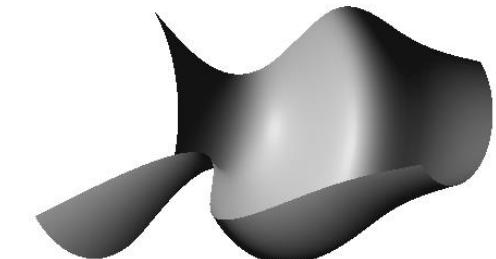
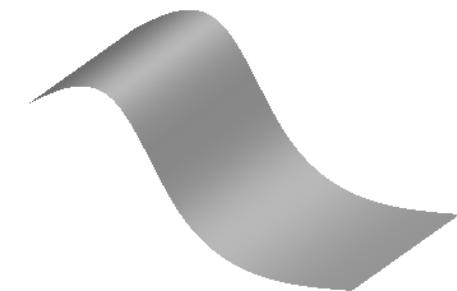
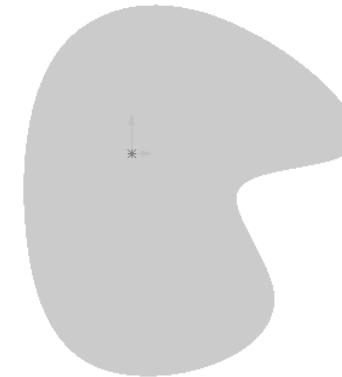
Einfügen,
Oberfläche,
Planare Oberfläche



Einfügen,
Oberfläche,
linear austragen



Einfügen,
Oberfläche,
Rotieren

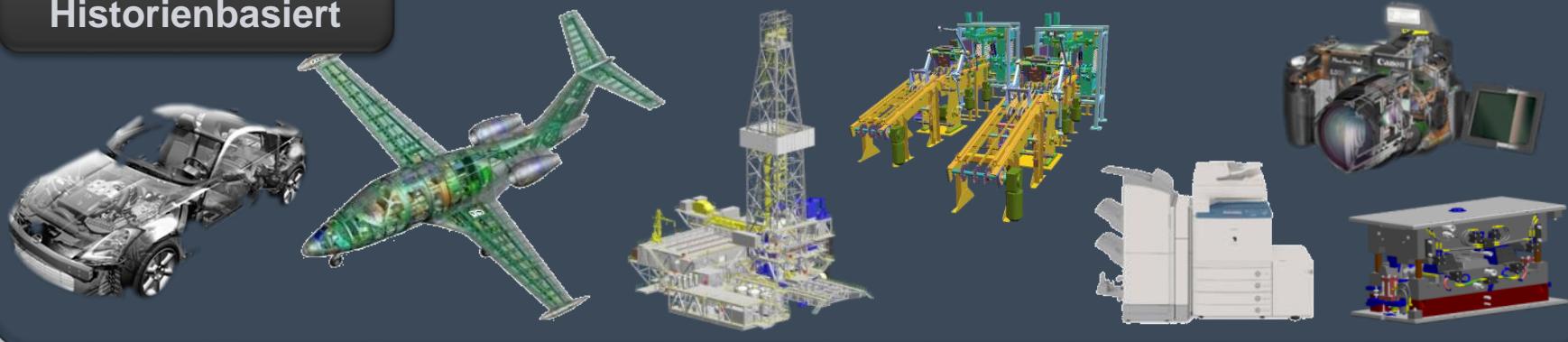


Parametrik



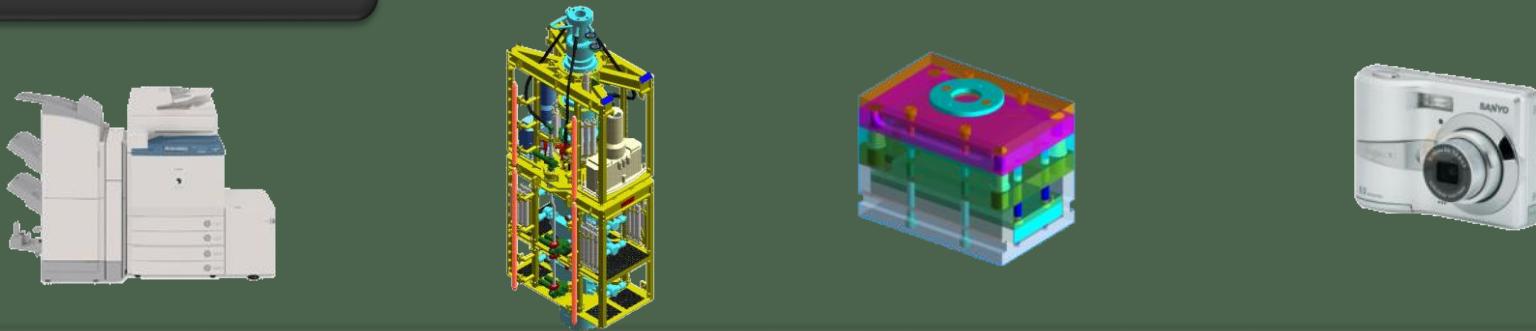
unterschiedliche Marktanforderungen ...

Historienbasiert



Families / Design Automation / Highly Engineered / Template Driven

Historienfreie



Lightweight Designs / small changes / Short Lifecycle / One-off

Quelle: SIEMENS

Arbeitsweisen im 3D-CAD: zwei generelle Verfahren



Pro|ENGINEER®



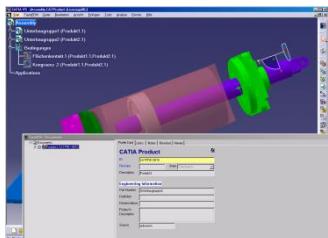
Co|Create



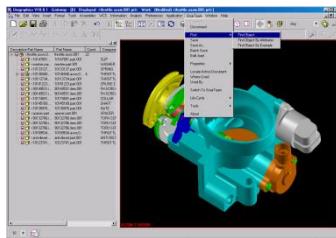
Parametrische CAD-Systeme

- Die Mehrzahl der modernen 3D-CAD Systeme sind so genannte „Parametrische Systeme“.
- Durch parametrisches Konstruieren wird vor allem die Erstellung von Varianten stark vereinfacht.

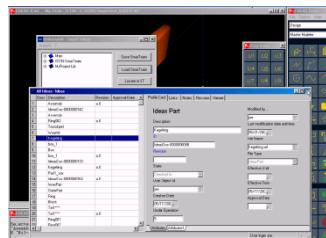
Catia



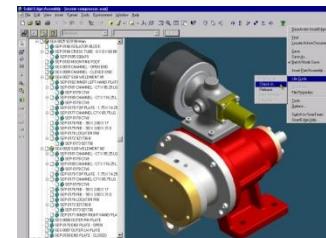
Unigraphics



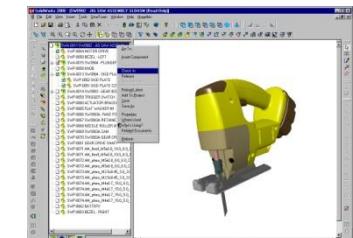
I-DEAS



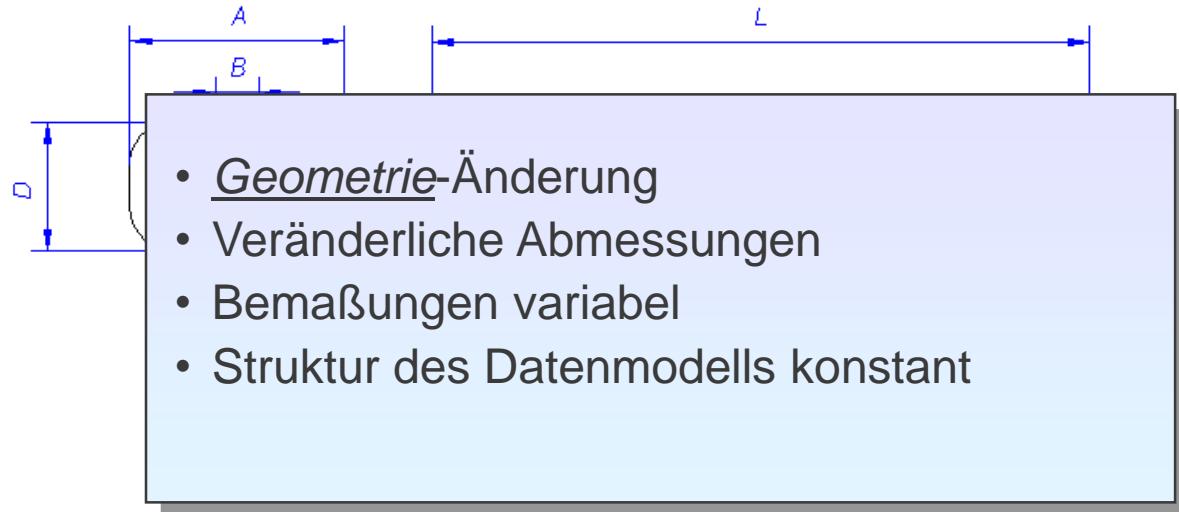
SolidEdge



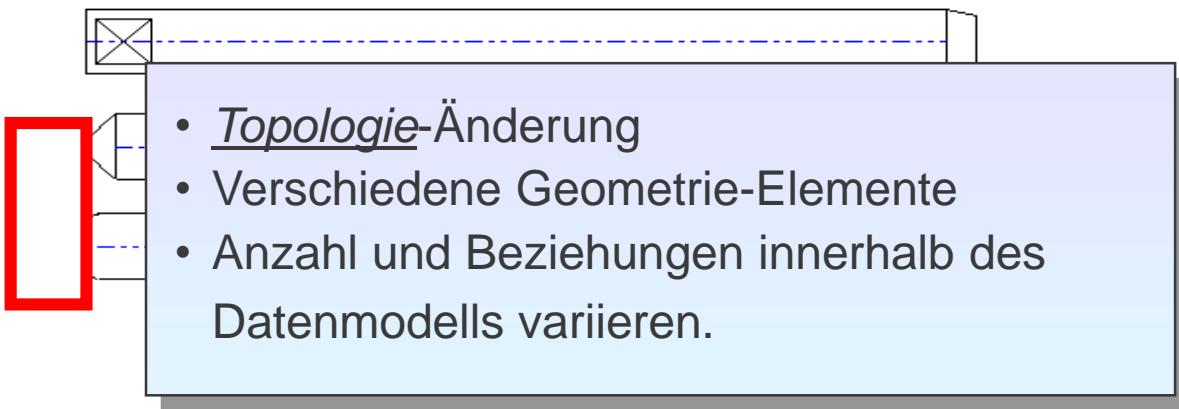
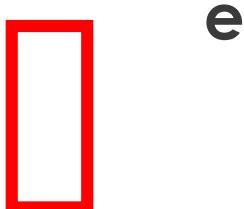
SolidWorks



Formvariante

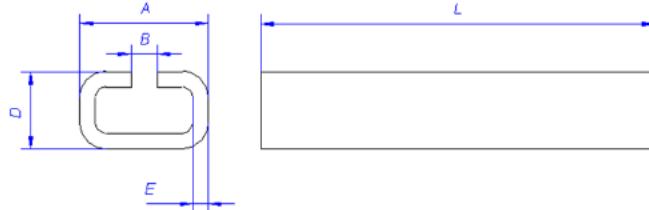


Gestaltvariant



Variantentechnik: Arten von Varianten

Formvariante



- Geometrie-Änderung
- Veränderliche Abmessungen
- Bemaßungen variabel
- Struktur des Datenmodells konstant

Gestaltvariante



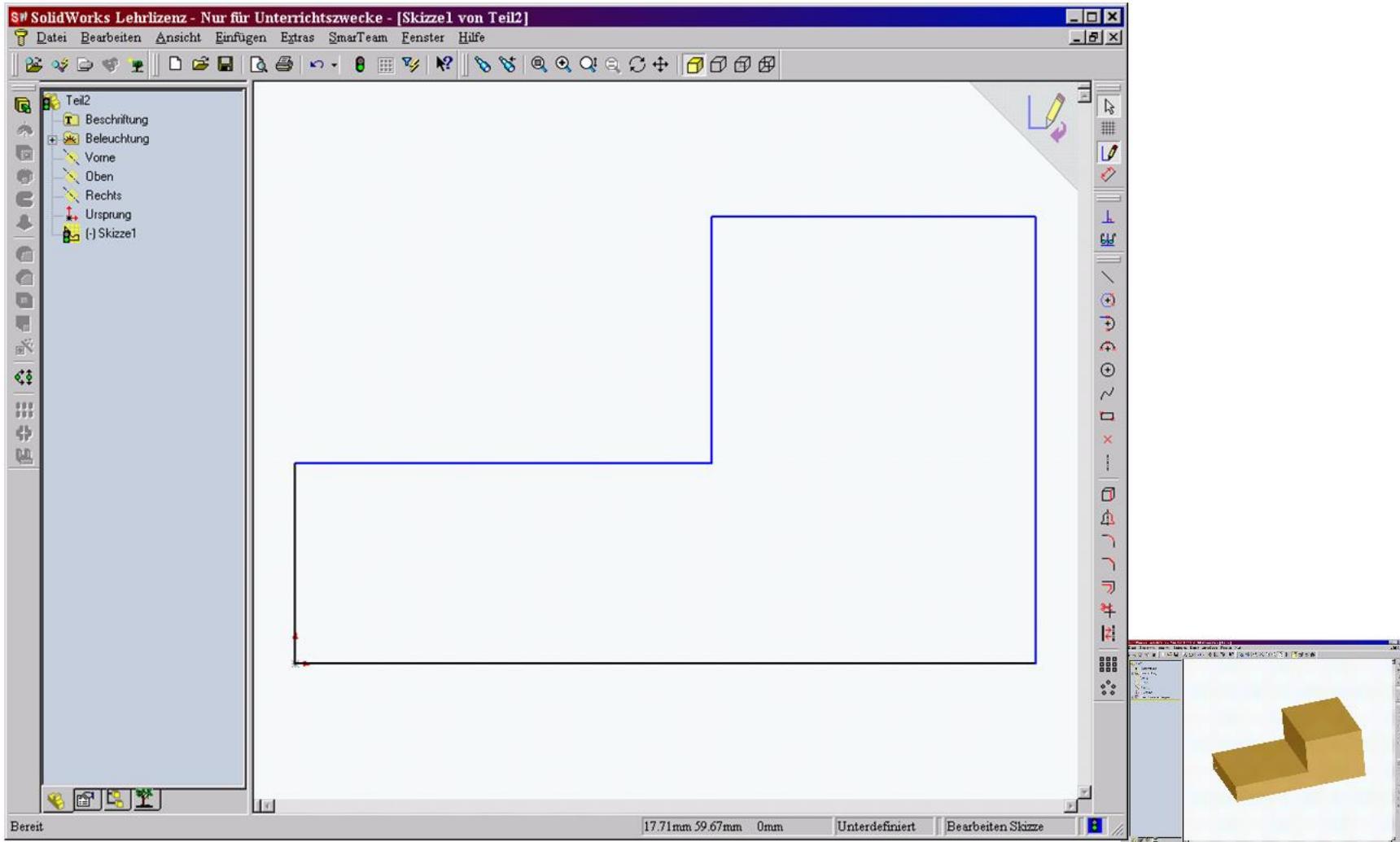
- Topologie-Änderung
- Verschiedene Geometrie-Elemente
- Anzahl und Beziehungen innerhalb des Datenmodells variieren.

Definition Parametrik

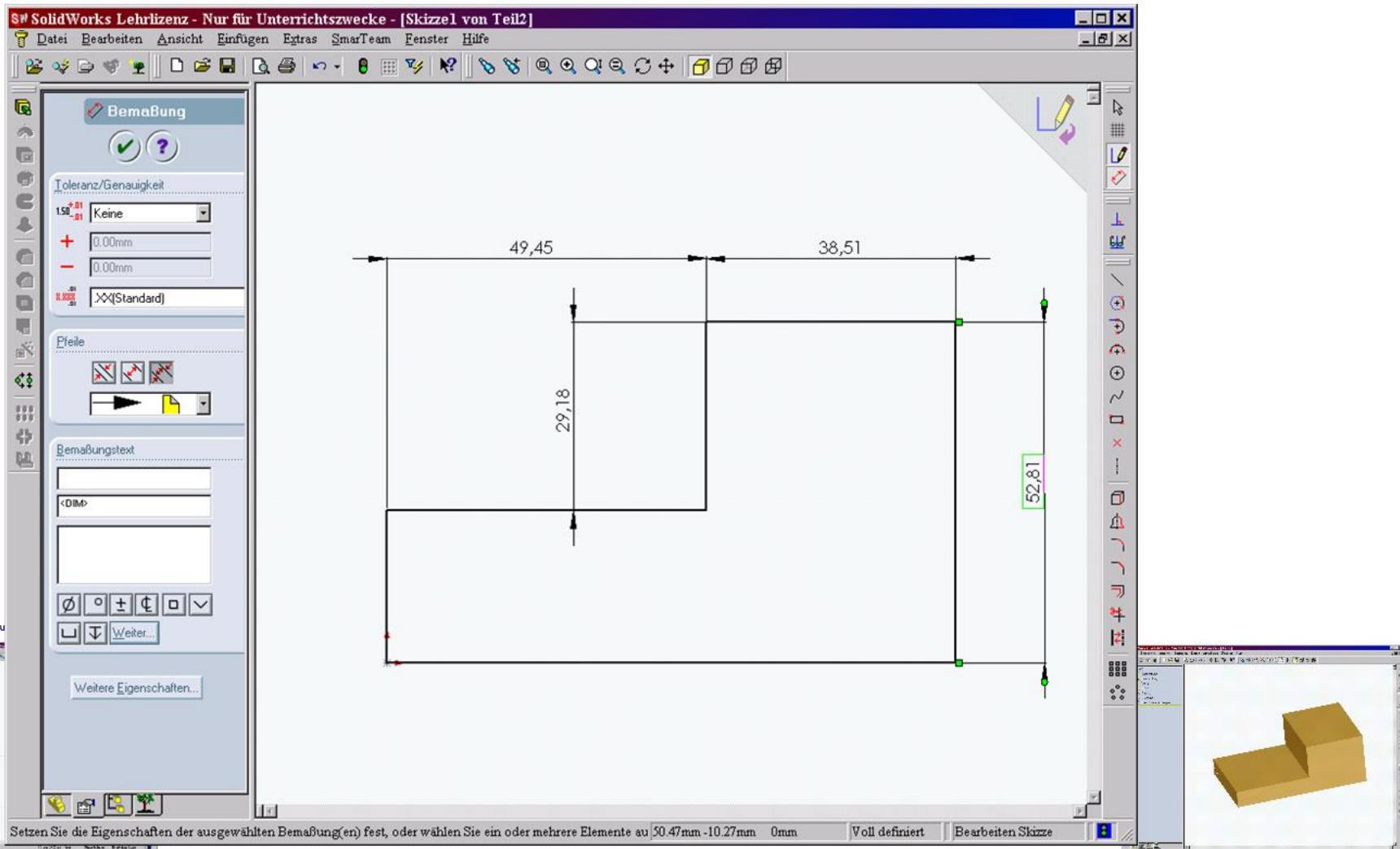
Die Parametrik-Funktionalität eines CAD-Systems ermöglicht die Verwendung variabler Größen (“Parameter”) für die Eigenschaften und Abhängigkeiten in und zwischen Produktmodellen.

Das CAD-System muss dabei das Produktmodell aktualisieren und die Konsistenz des Modells hinsichtlich systeminterner Regeln prüfen und sicherstellen

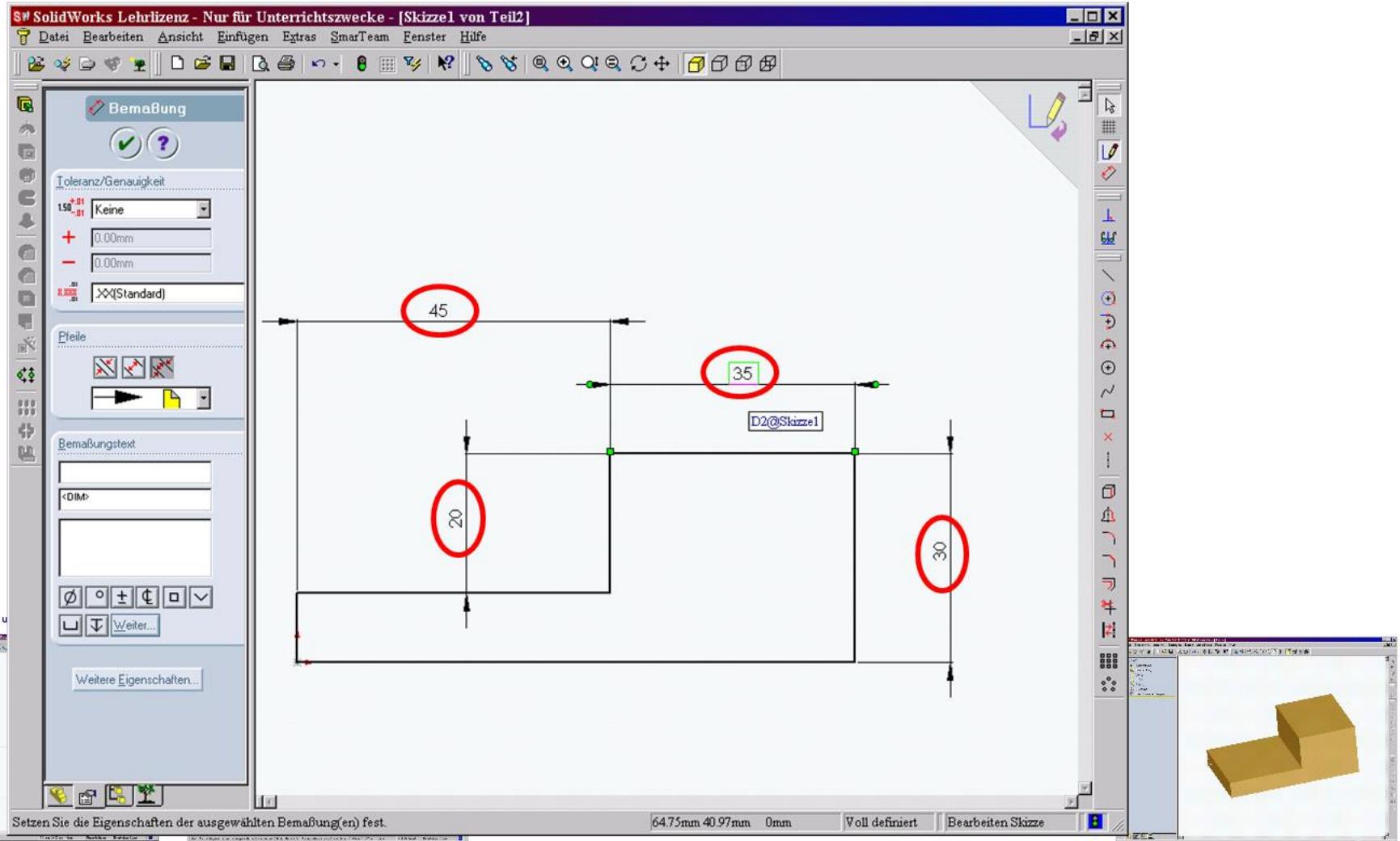
Erstellung einer unmaßstäblichen Skizze



Einfügen der Bemaßung

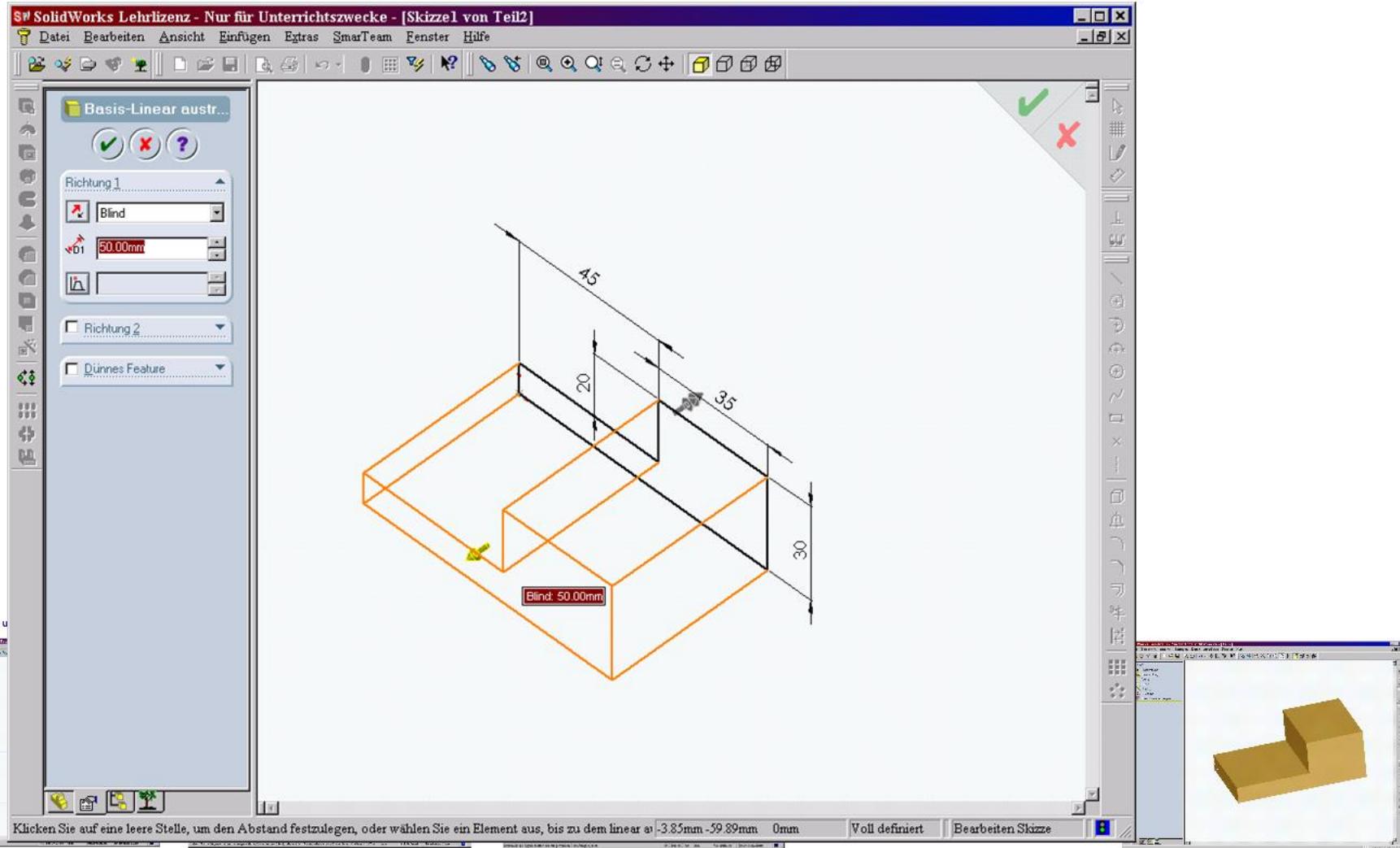


Überschreiben der Maße



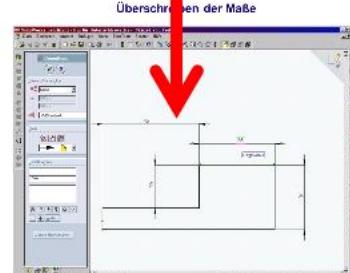
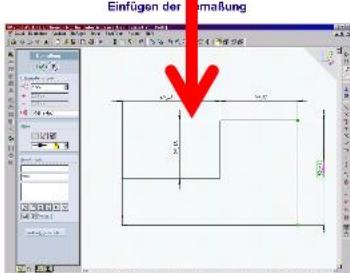
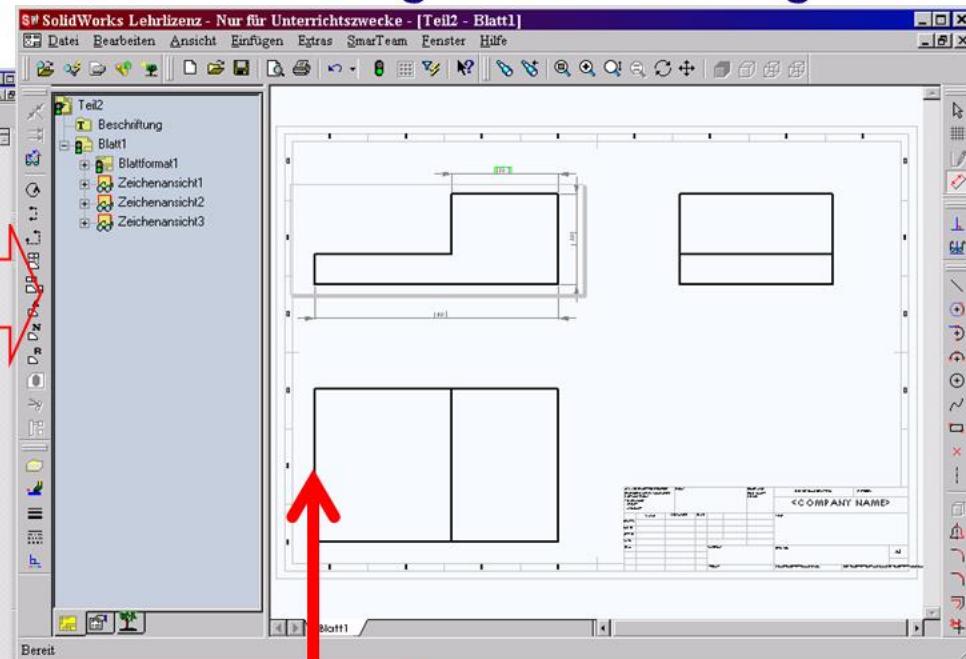
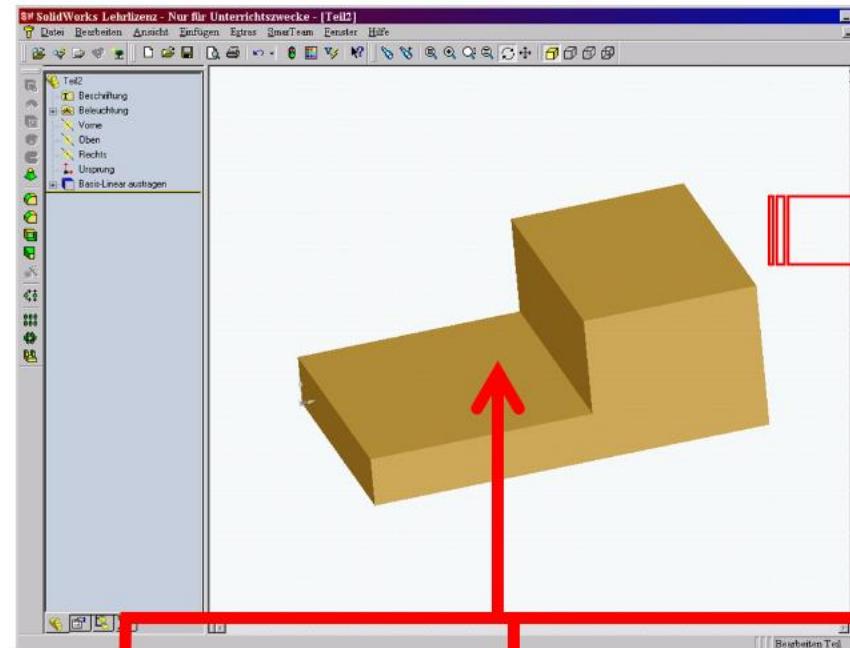
Parametrische CAD-Systeme: Funktionsweise

Volumen erzeugen durch Feature „Extrudieren“



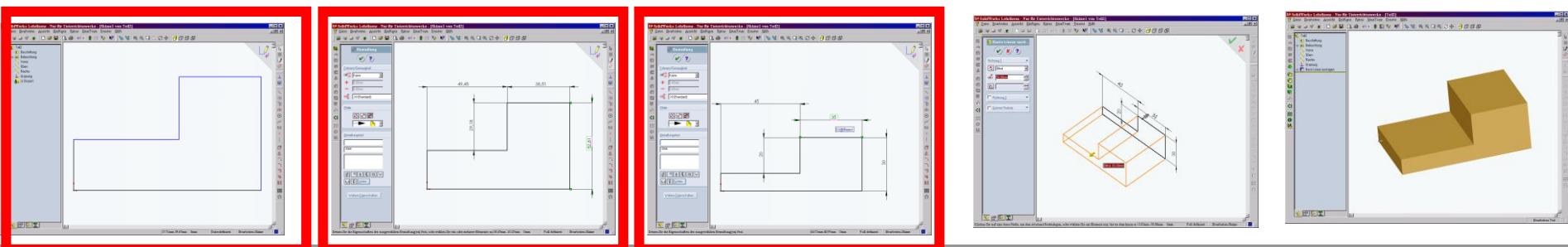
Parametrische CAD-Systeme: Funktionsweise

Ableitung einer Zeichnung



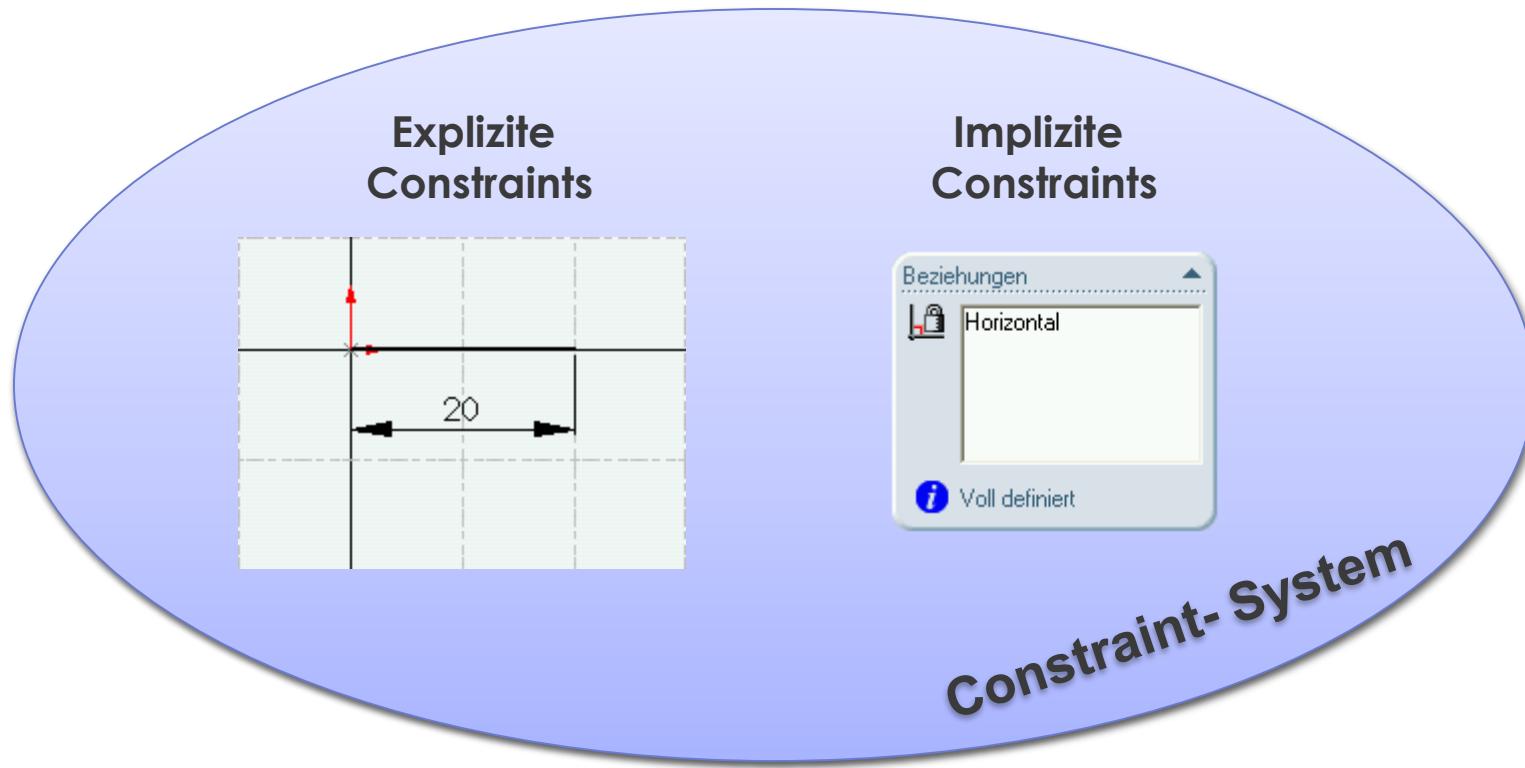
Grundlagen der Parametrik

- Der Aufbau der Geometrie im Entwicklungsprojekt kann zunächst skizzenhaft erfolgen.
- Durch Anbringen von Bemaßungen und Überschreiben der Werte erfolgt die Detaillierung der Geometrie.
- Das CAD-System ist in der Lage, die bereits erstellte Geometrie durch die Veränderung der Parameter zu bearbeiten.
- Die Bemaßungen entsprechen Randbedingungen an die Geometrie.



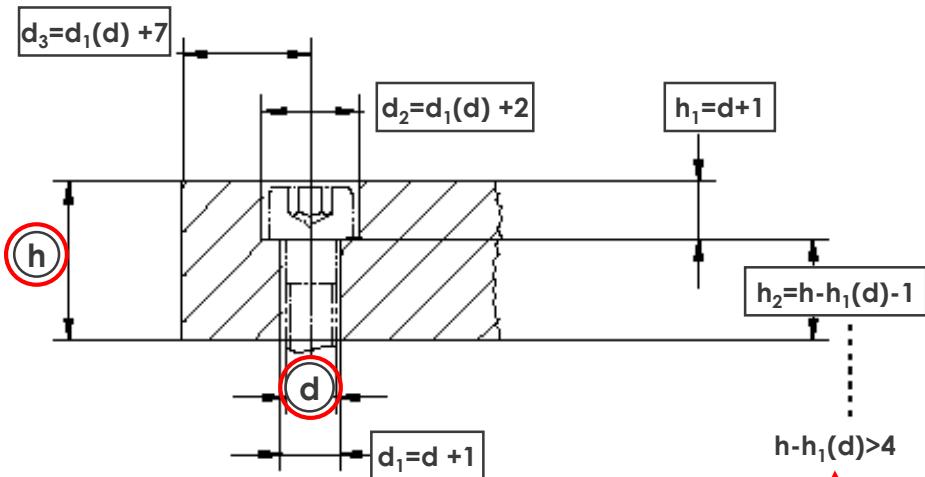
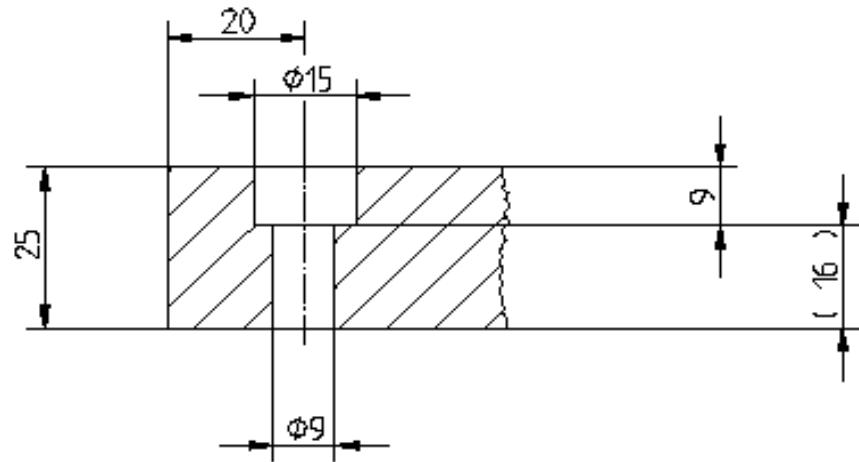
Parametrische Abhangigkeiten

Randbedingungen sind vereinfacht in zwei Bereiche aufteilbar:



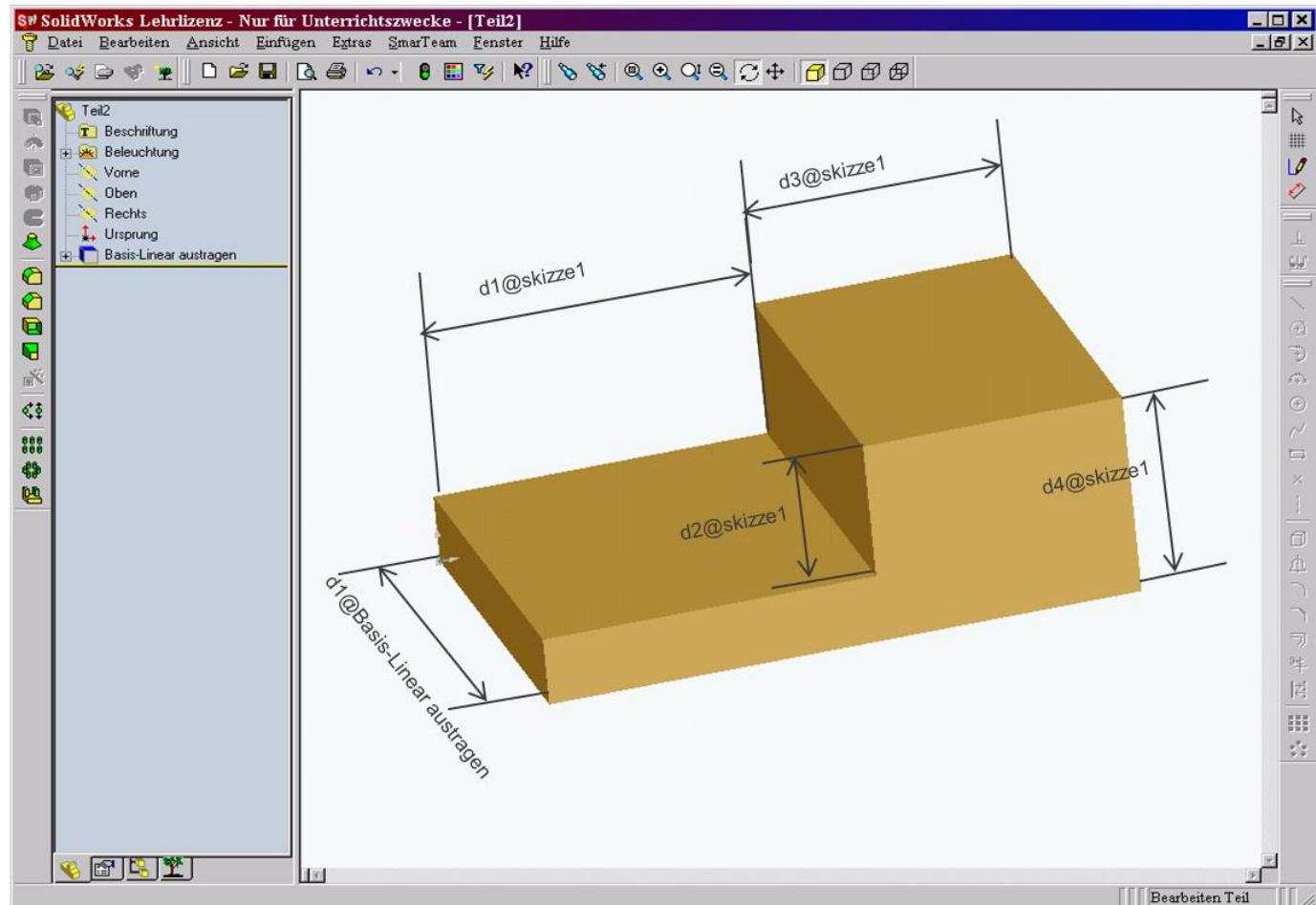
Die Gesamtheit der Randbedingungen zur Abbildung einer Konstruktionsabsicht bildet ein Randbedingungssystem / Constraint- System.

Explizite Randbedingungen / Constraints: Beispiel



- - unabhängige Variable (Eingangsparameter)
- - abhängige Variable (gesteuerter Parameter)
- zusätzliche Randbedingungen ("Constraints")

Parameter-Tabellen



Parameter-Tabellen

In Tabellen können Werte für Parameter eingegeben werden.

Die Zeilen der Tabelle entsprechen den verschiedenen Konfigurationen des Modells

The screenshot shows the SolidWorks interface with a parameter table open. The title bar reads "SolidWorks Lehr-Edition - Nur für Lehrzwecke - [Teil2.SLDprt]". The menu bar includes Datei, Bearbeiten, Ansicht, Einfügen, Format, Extras, Daten, SmarTeam, Fenster, and Z. The toolbar has various icons for file operations and drawing. The left pane shows the feature tree for "Teil2 (Standard)" with items like Beschriftung, Beleuchtung, Volumenkörper(1), and Tabelle selected. The main area displays a table titled "Tabelle für: Teil2" with columns A through F. The table contains data for configurations K1 through K5. Rows 9 through 28 are empty. The row for K5 is highlighted with a red border. The table is labeled "Tabelle1" at the bottom.

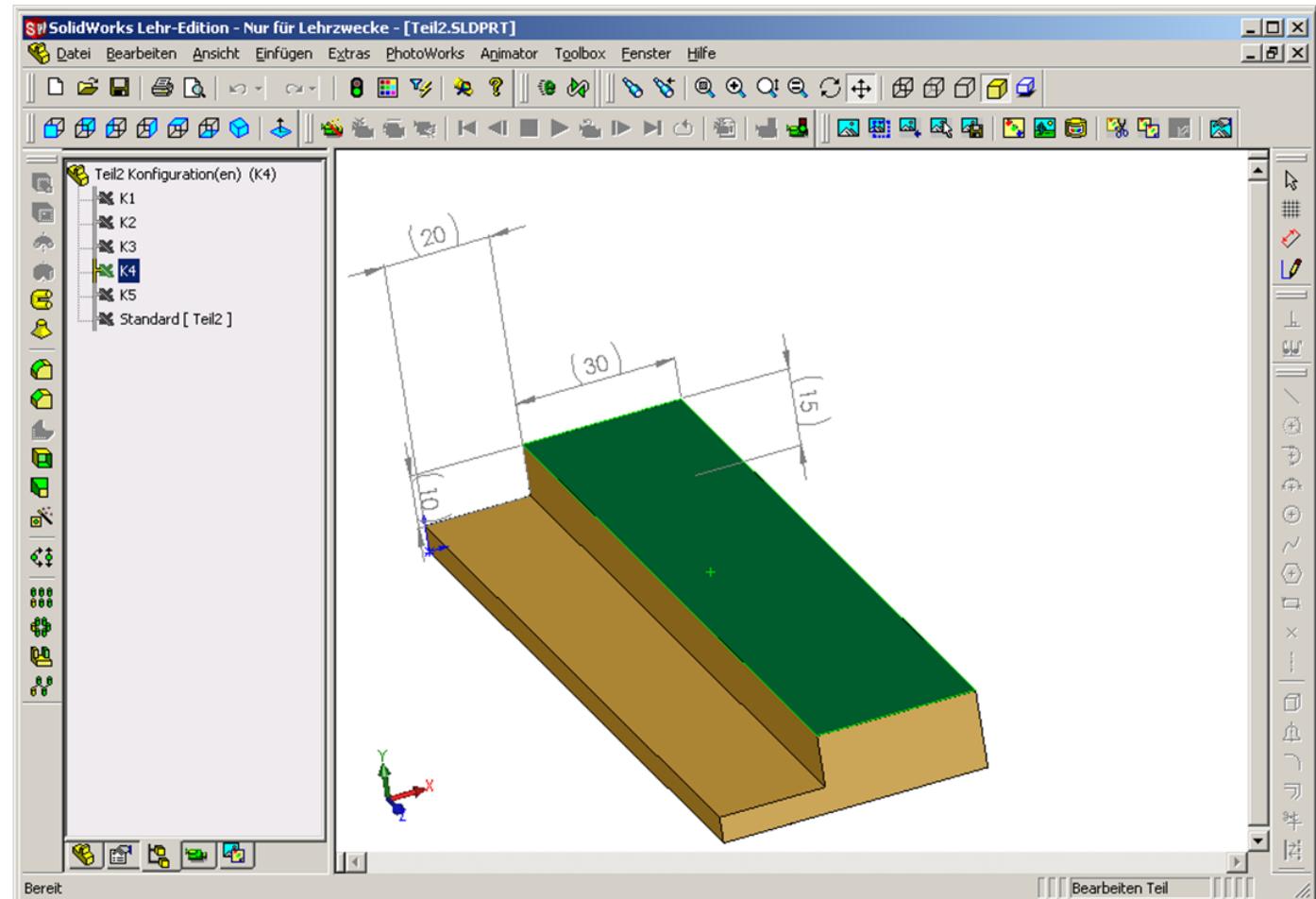
	A	B	C	D	E	F
1	Tabelle für: Teil2					
2		D1@Skizze1	D2@Skizze1	D3@Skizze1	D4@Skizze1	D1@Basis-Linear austragen
3	Standard	45	20	35	30	50
4	K1	40	20	60	25	50
5	K2	45	15	60	25	100
6	K3	40	15	55	15	100
7	K4	20	10	30	15	150
8	K5	20	10	30	15	200
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						

Parameter-Tabellen

In Tabellen können Werte für Parameter eingegeben werden.

Die Zeilen der Tabelle entsprechen den verschiedenen Konfigurationen des Modells

Das CAD-System erstellt diese Konfigurationen automatisch



Explizite Constraints: Generelle Möglichkeiten

- Diskrete Werteingabe

- Zuweisung eines Wertes für einen Parameter, z.B. $p1=1$
- Zuweisung einer Längen- oder Winkelangabe über Bemaßung in Skizzen

- Gleichungsangabe

- Zuweisung eines Parameterwertes über andere Parameter: $a=2*b$

- Verwenden von Wertetabellen

- Erstellen von Konfigurationen über Parametertabellen

- Verwenden von logischen Ausdrücken

- Steuerung von Formelementen über logische Abfragen

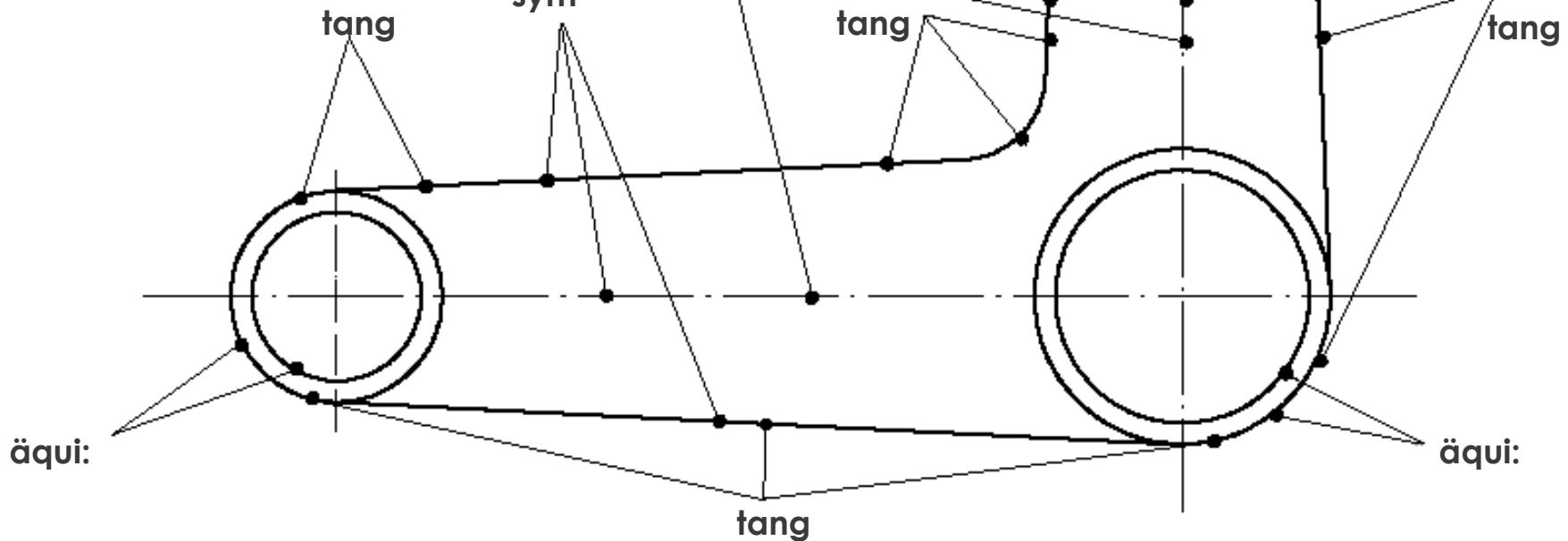
Implizite Randbedingungen / Constraints: Beispiel

äqui: äquidistant,

tang: tangential

sym: symmetrisch

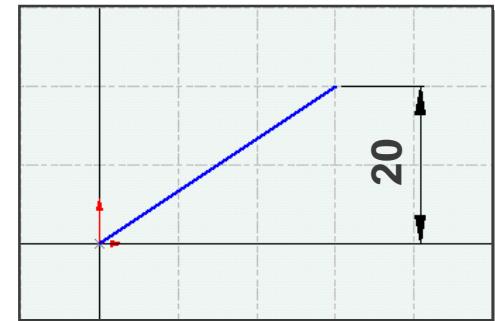
orth: orthogonal



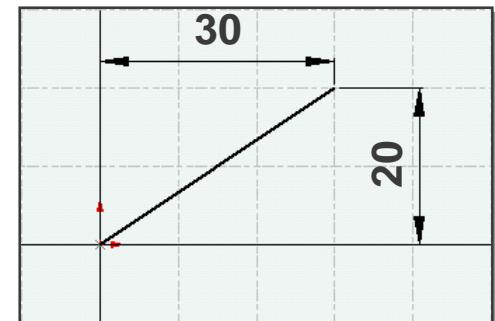
Bestimmtheit des Constraint- Systems

Ein Constraint- System ist

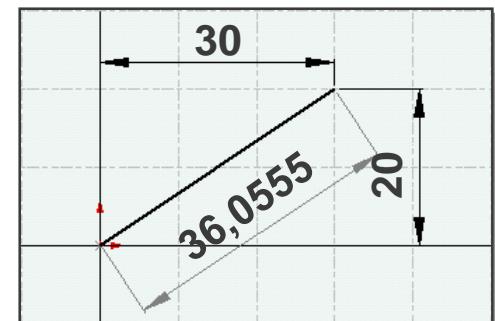
unterbestimmt, wenn keine eindeutige Lösung oder eine unendlich große Anzahl von Lösungen existiert.



vollständig bestimmt, wenn genau eine eindeutige Lösung existiert.

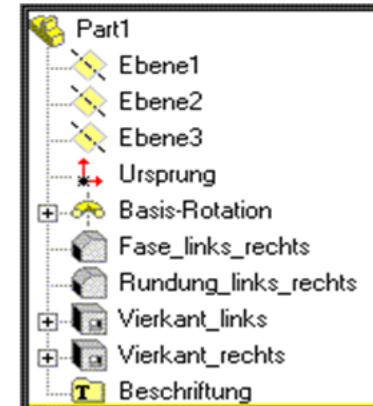
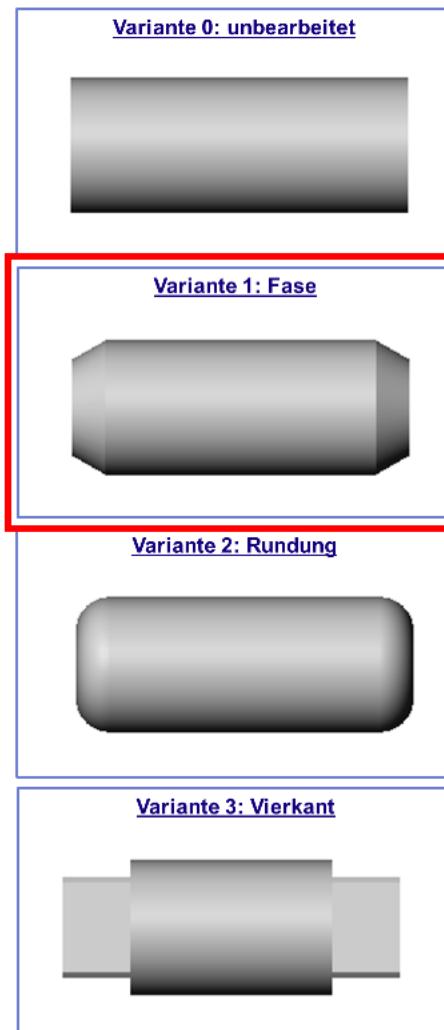


überbestimmt, wenn zu viele Constraints existieren.

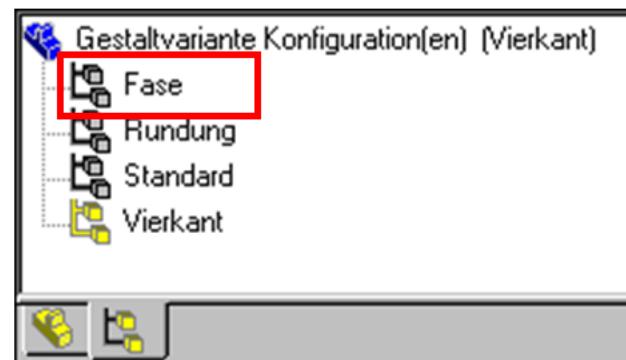


Gestaltvarianten mit Parametrik

Lösung: Erstellung der Varianten mit Hilfe von Konfigurationen



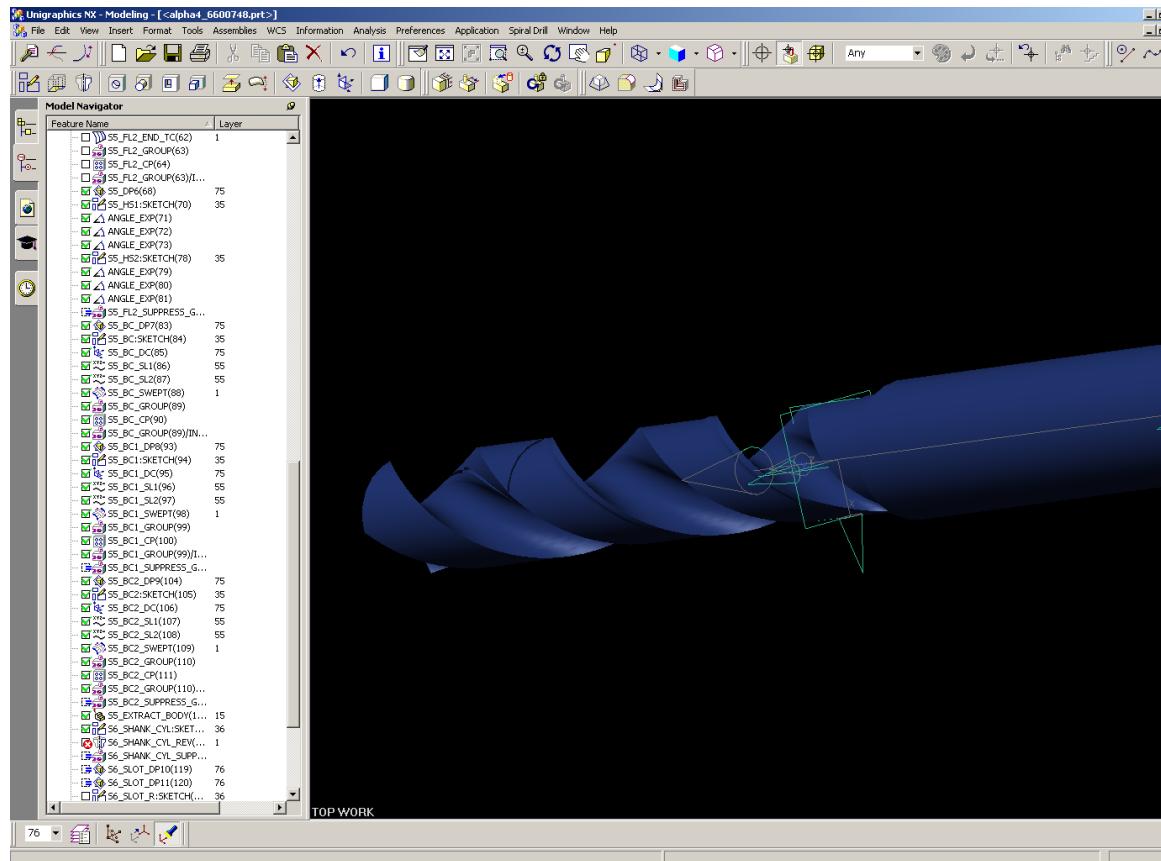
A	B	C	D	E
1	\$STATUS@Fase links rechts	\$STATUS@Rundung links rechts	\$STATUS@Vierkant links	\$STATUS@Vierkant rechts
2 Fase	Nicht unterdrückt	U	U	U
3 Rundung	U	Nicht unterdrückt	U	U
4 Vierkant	U	U	Nicht unterdrückt	Nicht unterdrückt
5				



Komplexität auf Teile-Ebene

Beispiel: Spiralbohrer

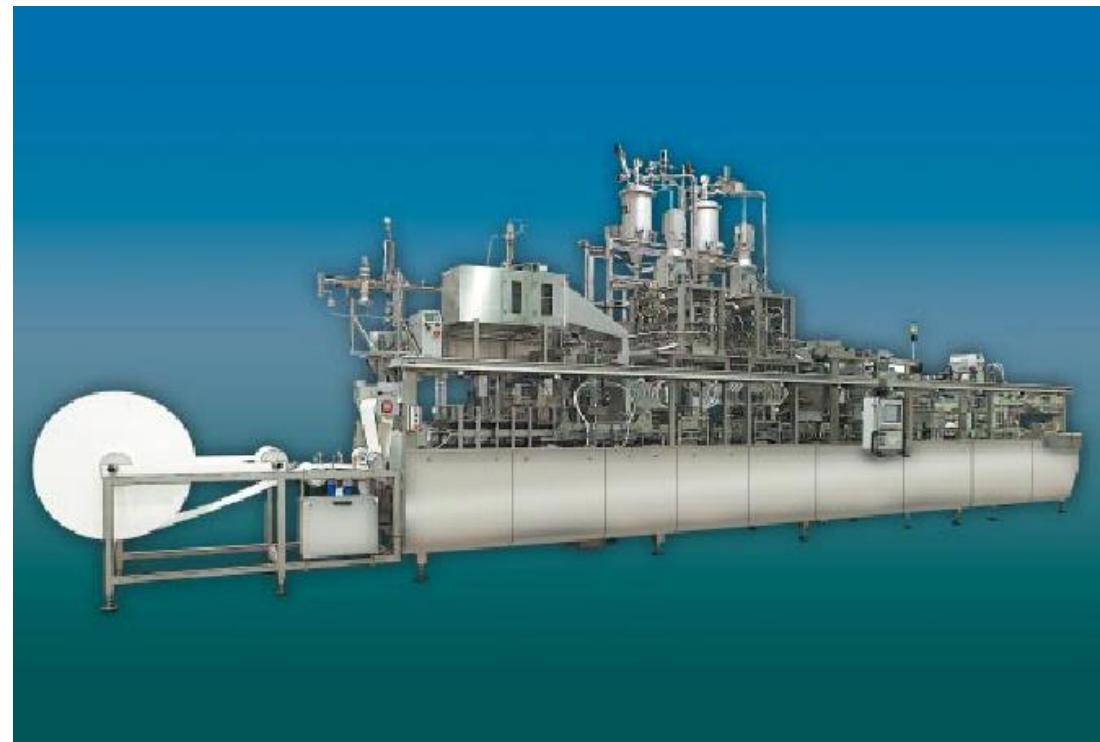
1048 explizite Randbedingungen in Modell
263 Steuernde Parameter



Komplexität auf Struktur-Ebene

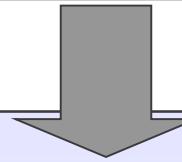
Beispiel: Verpackungsmaschine

- Bis zu 20.000 Komponenten
- Komplizierte Kinematik
- Normteile, Blechteile



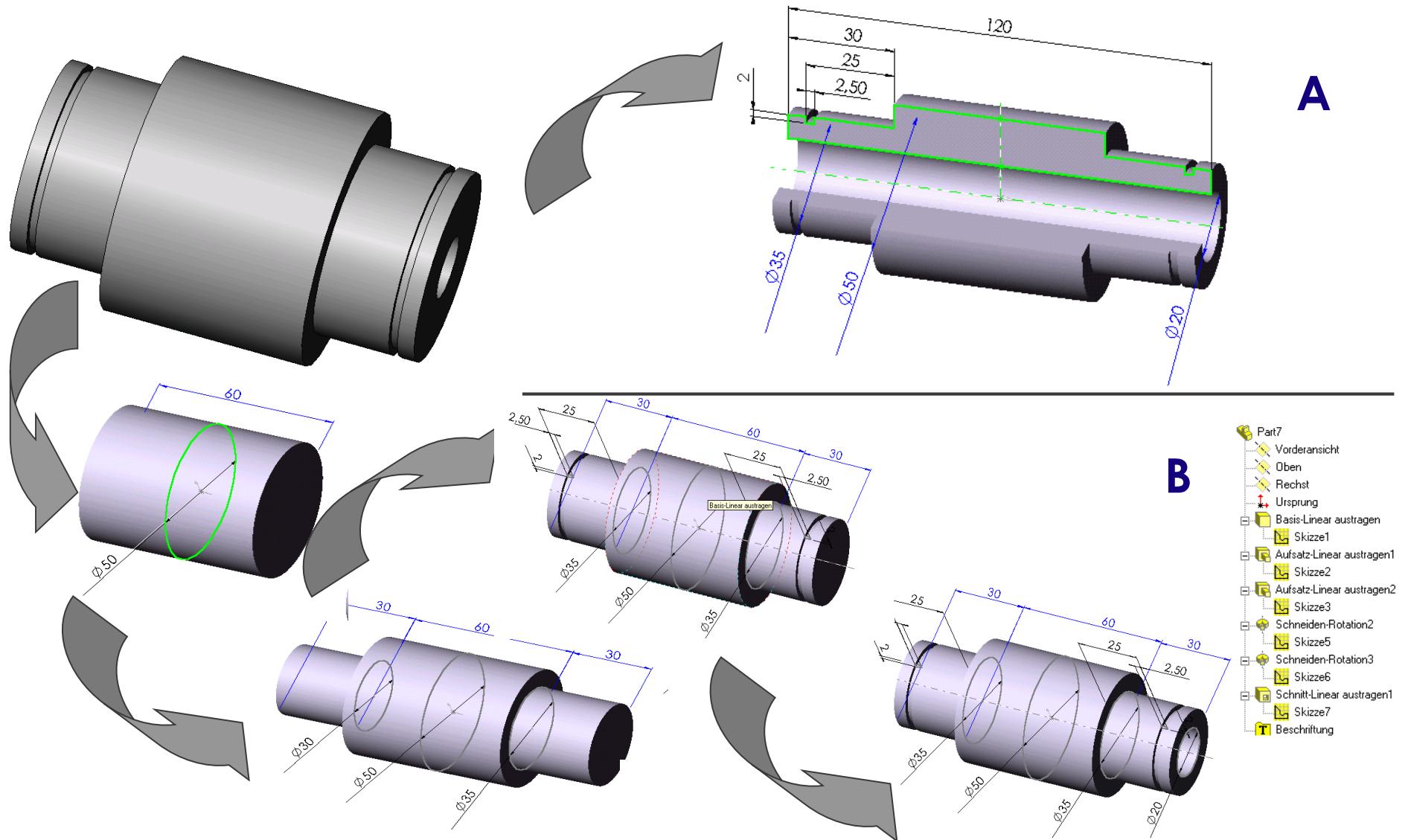
Zusammenfassung

- Die CAD-Systeme werden komplexer
- Durch Parametrisierung wird die Konstruktionsabsicht abgebildet
- CAD-Modelle enthalten mehr Informationen



- Konstruktionsmethodik / Konstruktionsregeln
- Integration von CAD in die gesamte Prozesskette

Konstruktionsmethodik

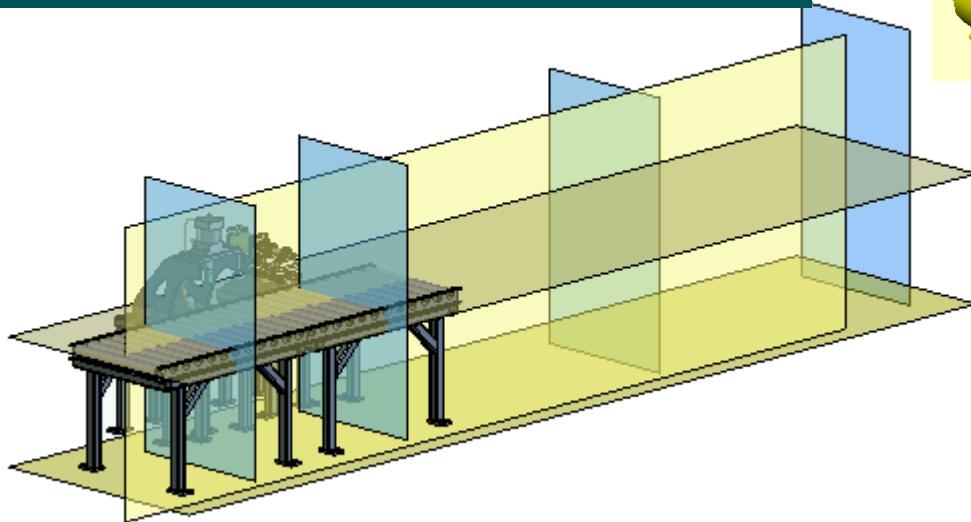
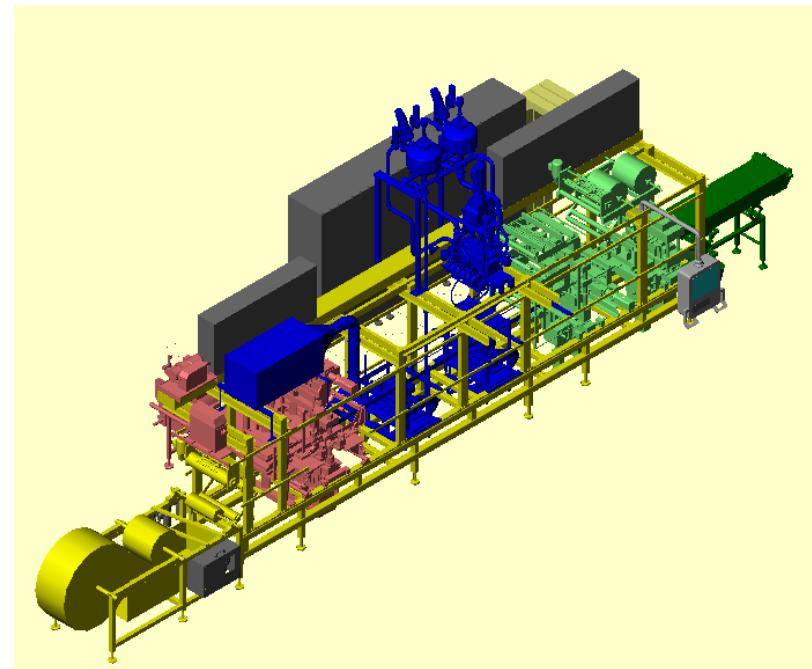


Konstruktionsmethodik

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window with the title bar "Inhaltsverzeichnis - Microsoft Internet Explorer". The address bar contains the URL "file:///C:/Uni/diss_knieps/Richtlinien/Konstruktionsrichtlinie%20Version%201.02b.htm#_Toc57443075". The page content is a table of contents for "Konstruktionsrichtlinien zu SolidWorks".

1 Anwendungsbereiche
1.1 Intern
1.2 Extern
2 Zuständigkeit und Einhaltung
3 Allgemeingültig
3.1 Grundregeln beim Speichern
3.1.1 Wohin wird gespeichert
3.1.2 In welchem Zustand werden Modelle / Zeichnungen abgespeichert
3.2 Dokumentvorlagen
3.3 Systemoptionen
3.4 Sicherungsverzeichnis der Sicherungskopien
3.5 Lokaler Dateiexplorer
4 Einzelteile (Part)
4.1 Skizzen
4.1.1 Ausrichtung
4.1.2 Komplexität
4.1.3 Definition / Bemaßung / Gleichungen
4.2 Features
4.2.1 Feature Benennung
4.2.2 Muster-Feature
4.2.3 Fasen / Verrundungen
4.3 Toleranzangaben / Bearbeitungssymbole
4.4 Gewindedarstellung
4.5 Referenzgeometrie
4.5.1 Ebenen
4.5.2 Achsen

Konstruktionsmethodik



Layout-Vorlagen

Stationen sind kombinierbar

Concurrent Engineering

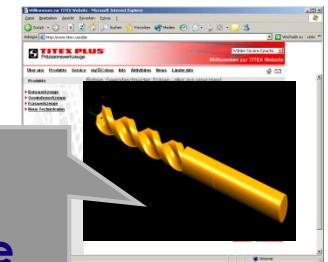
Prozess-Integration: Beispiel

Internet-Portal



1. Eingabe der Parameter

Internet-Portal

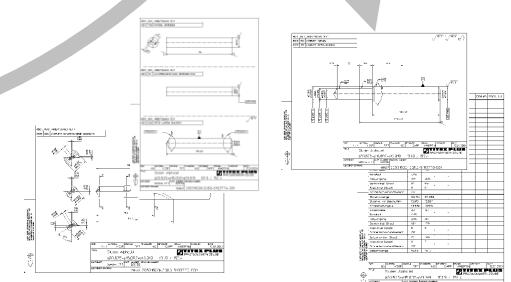
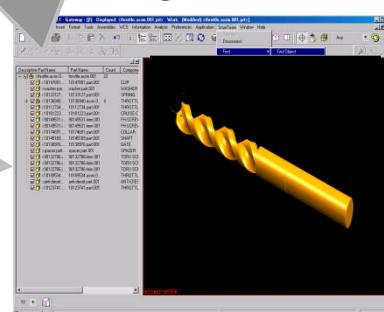


3. Visualisierung der Variante

Erstellung der Fertigungsdokumente

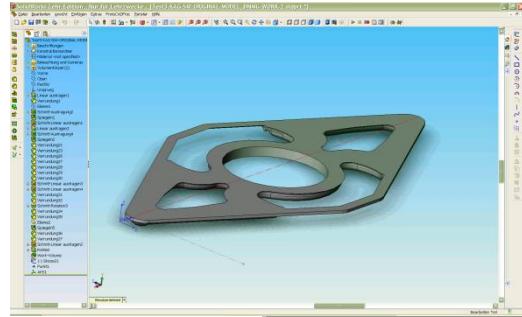
2. Erstellung des 3D-Modells

Unigraphics



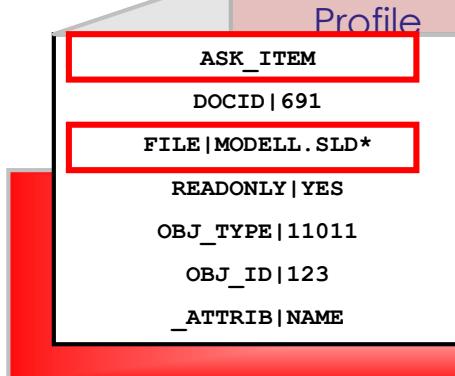
Prozess-Integration: Beispiel

CAD-Prozessor

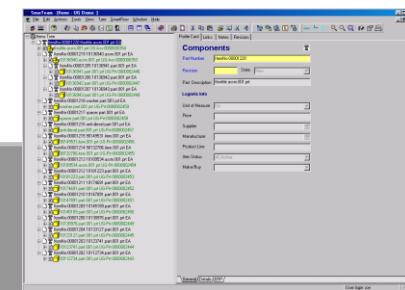


API
VC++ DLL
COM-Server

NC Plug-In



NC Editor



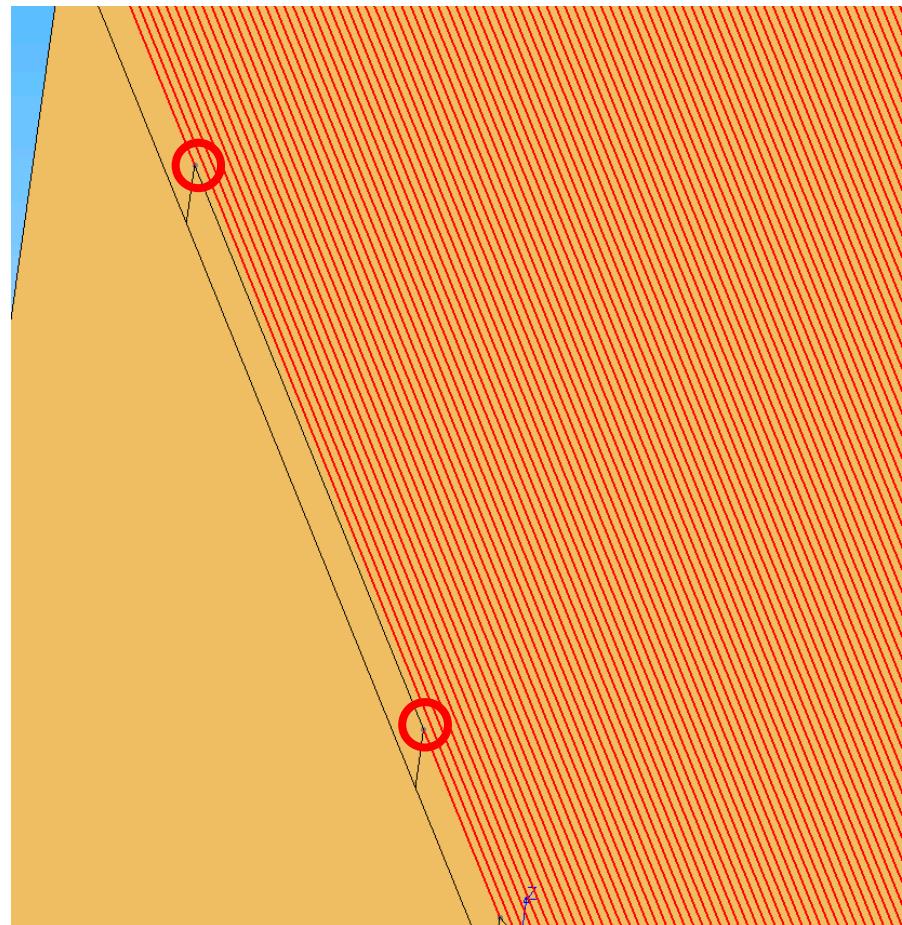
API
VB Skripte

CAD Plug-In



Schnittpunkte Suchstrahl / Modell:

- Rückgabe: Koordinaten, EXIT oder ENTER, Topologie: Fläche, Kante, Punkt



Zusammenfassung

- Durch Parametrisierung erhalten Bauteile eine implizite Programmierung. Es entsteht eine Instanz mit Größen, die weiterhin variabel bleiben können. Das vorhandene Randbedingungssystem wird sequentiell gelöst.

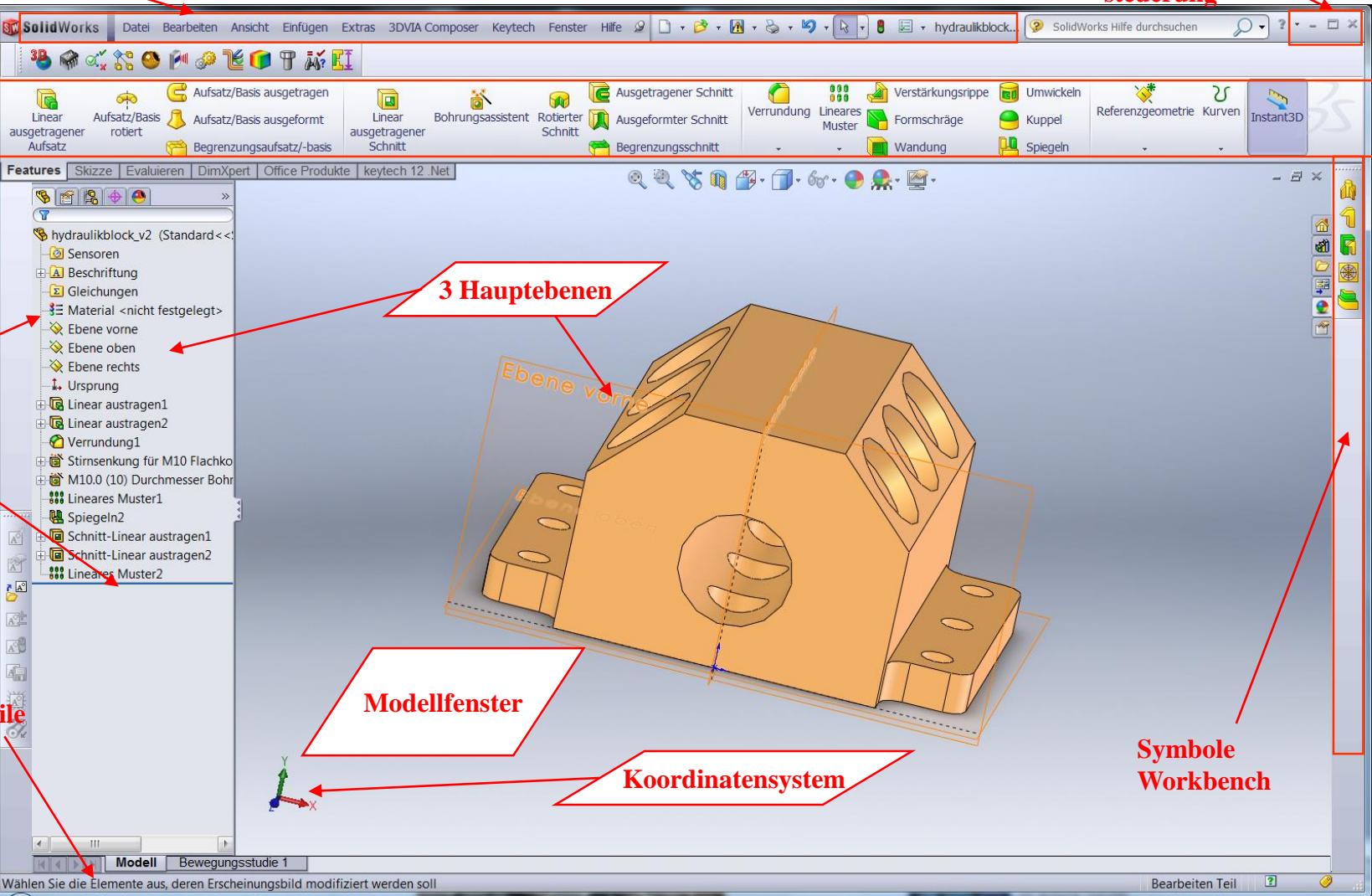
- Variantenprogramme werden explizit programmiert. Als Ergebnis einer CAD-Variantenkonstruktion entsteht mit Hilfe eines Variantenprogrammes (interaktives Festlegen der variablen Größen) sequentiell ein Modell mit festen Werten.

Arbeitsweise mit SolidWorks

Der SolidWorks-Bildschirm

Menüleiste

Windows Standardsteuerung

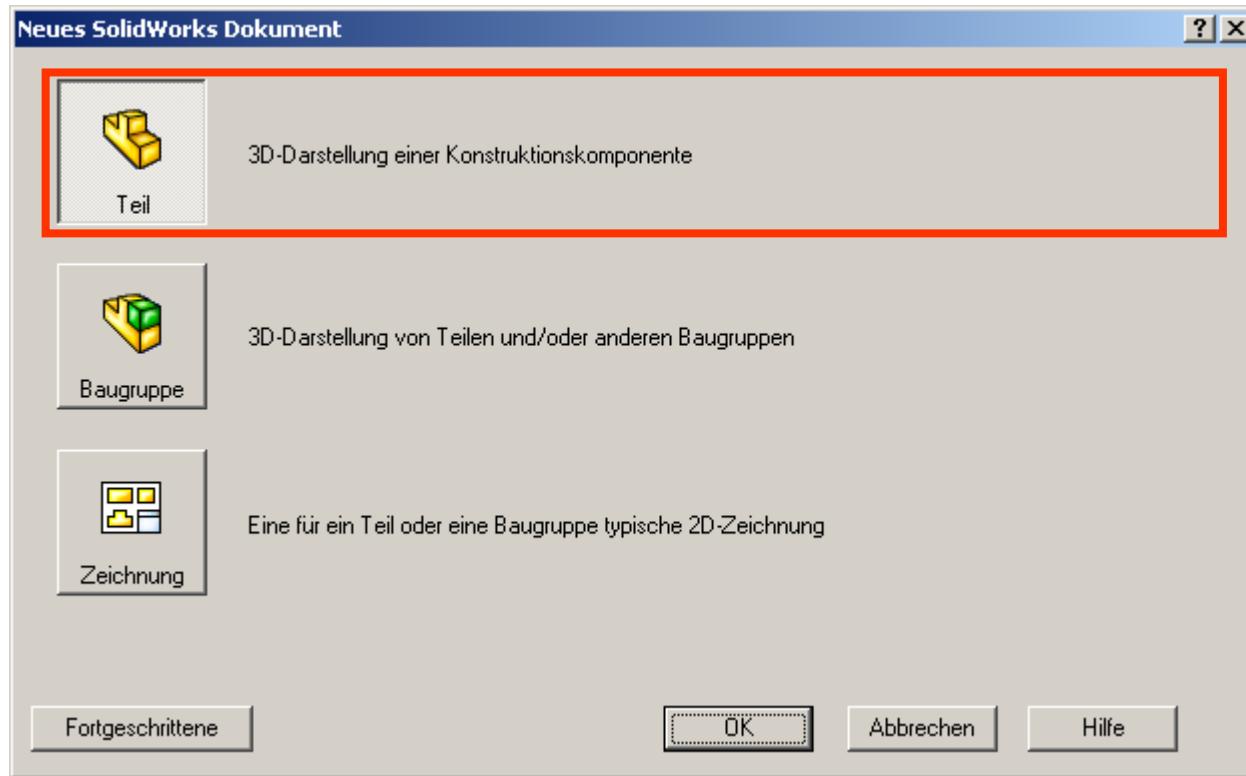


Mausfunktionen

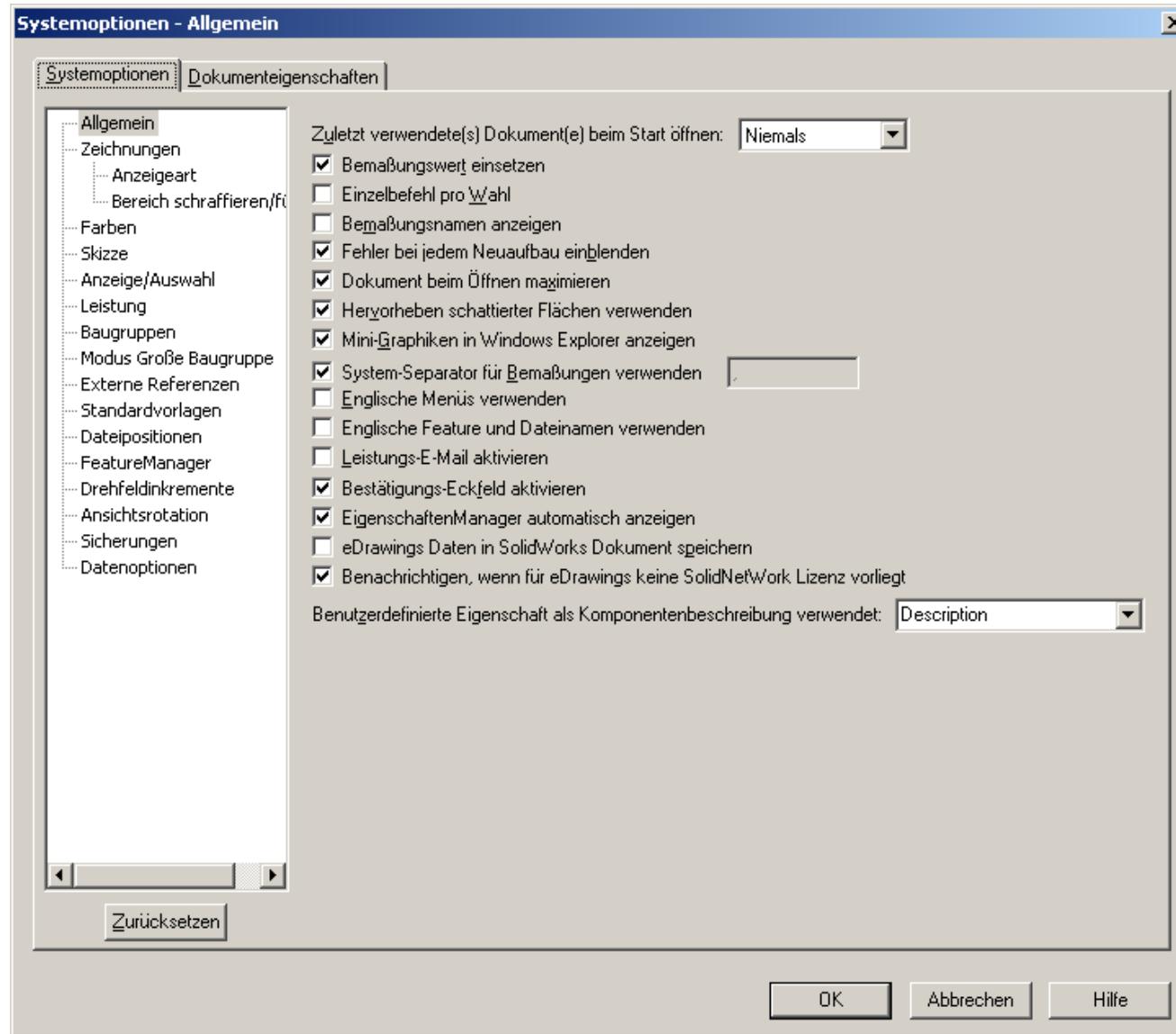
- **Selektieren**, von Elementen. Durch gleichzeitiges Drücken der STRG-Taste können mehrere Elemente gewählt werden. Bei gedrückter Taste kann eine Auswahlbox aufgespannt werden.
 - **Rotieren**, der Bildschirmansicht.
-
- **Kontextmenü**. Abhängig von der Position des Cursors wird ein kontextsensitives Menu aufgerufen.
-
- STRG +** ■ **Verschieben**, der Bildschirmansicht.
-
- UMSCHALT +** ■ **Zoomen**, der Bildschirmansicht. Verkleinern bzw. Vergrössern

Hinweis: Bei Verwendung einer Maus mit einem Rad, kann mit Hilfe des Rads auf die aktuelle Cursorposition (statt die Bildschirmmitte) gezoomt werden.

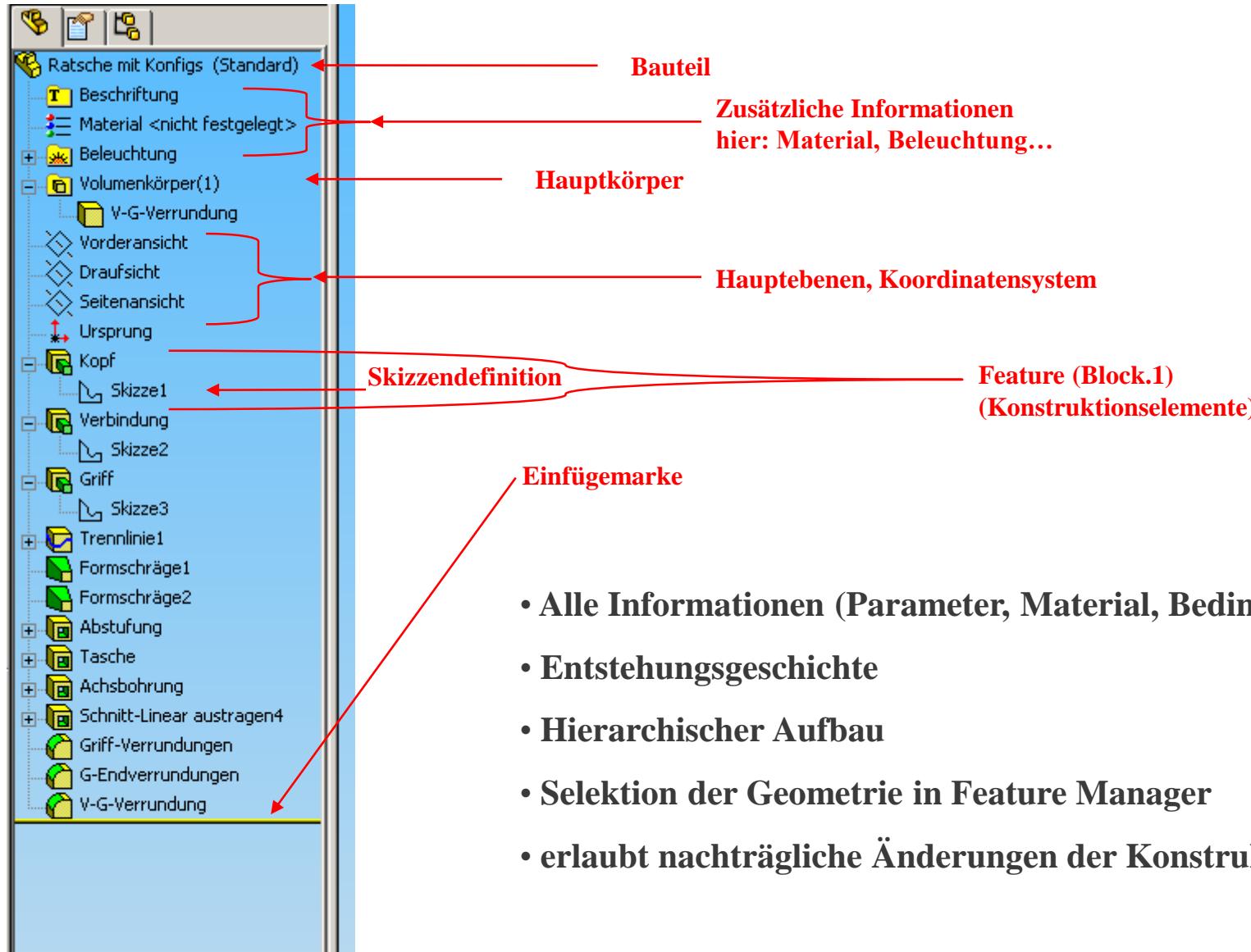
SolidWorks Dokumentarten



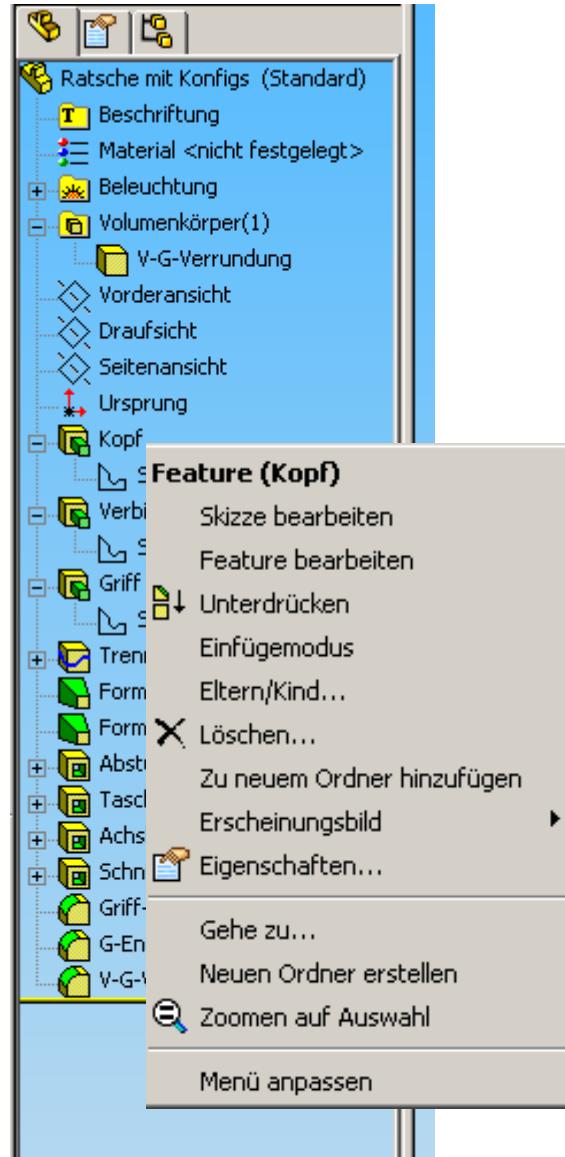
Menu: Extras -> Optionen



Feature Manager



Feature Manager

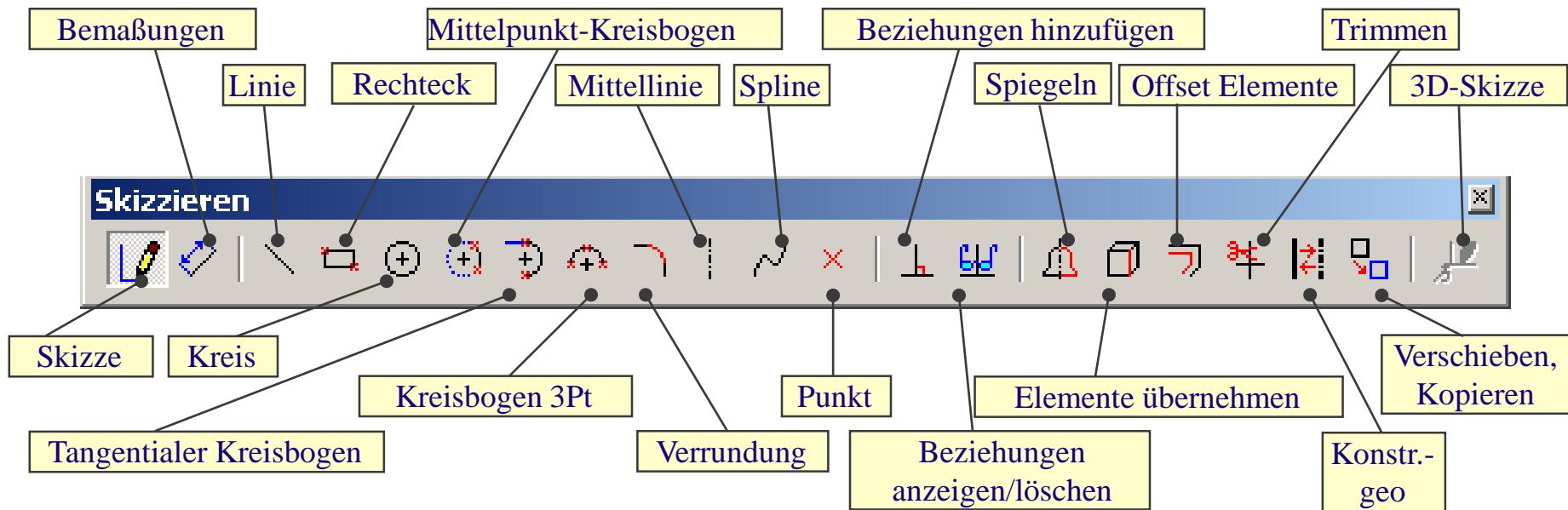


Skizzen

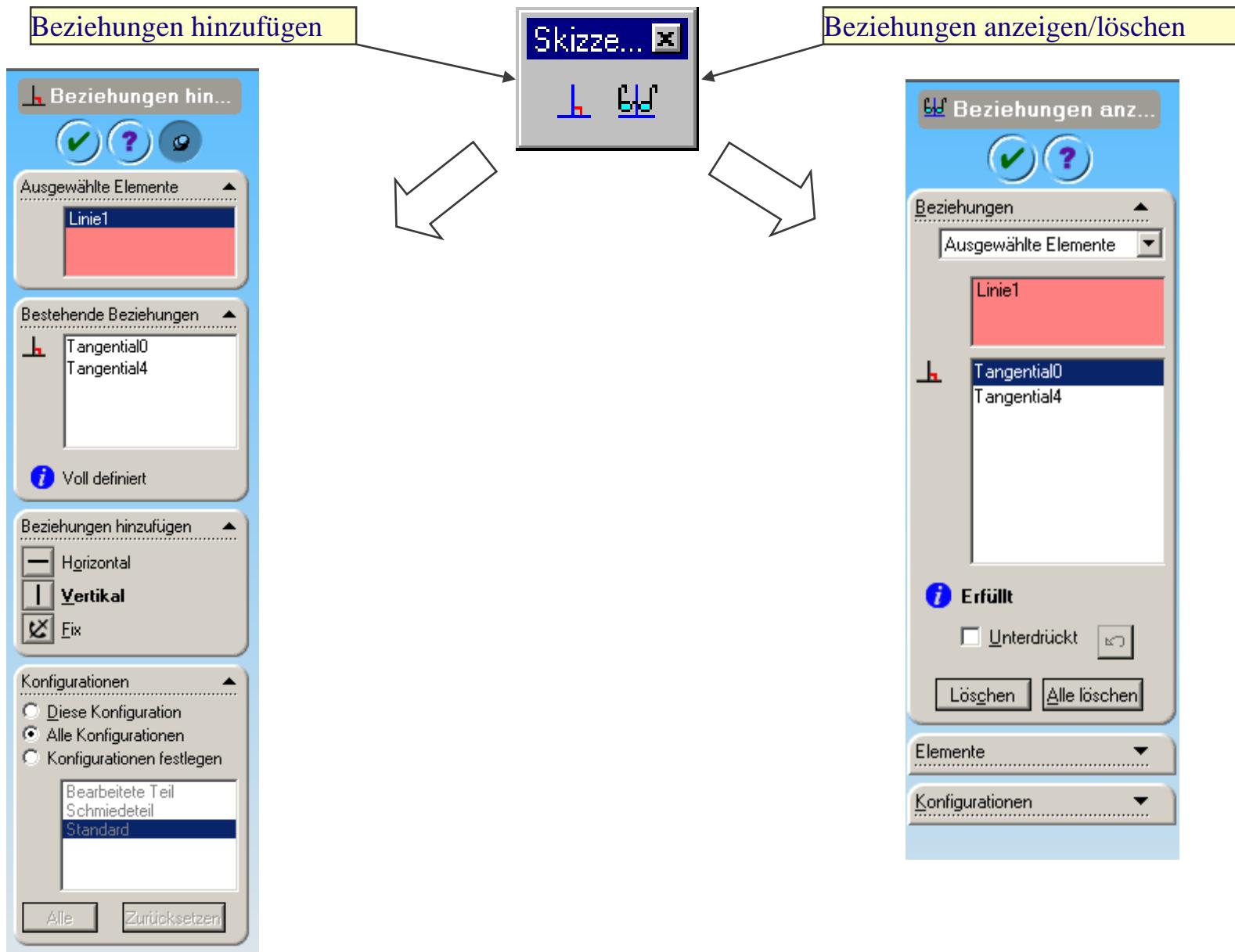
- In 2D-Skizzen können Konturen erstellt werden, die anschließend in einen 3D-Körper überführt werden
- Erstellung einer Skizze in einer Ebene.
- Starten der Skizzen-Umgebung mit: „*Einfügen -> Skizze*“
 - Oder Symbol: A small gray square icon containing a stylized blue and red L-shaped tool, representing a sketching or drafting tool.
 - Danach Ebene oder ebene Fläche wählen. (vordefinierte Ebene oder ebene Körperfläche)
- Skizzen können nachträglich verändert werden. Dazu wird die Skizze im Feature Manager ausgewählt. (Kontextmenu: Skizze bearbeiten)

Menüleisten

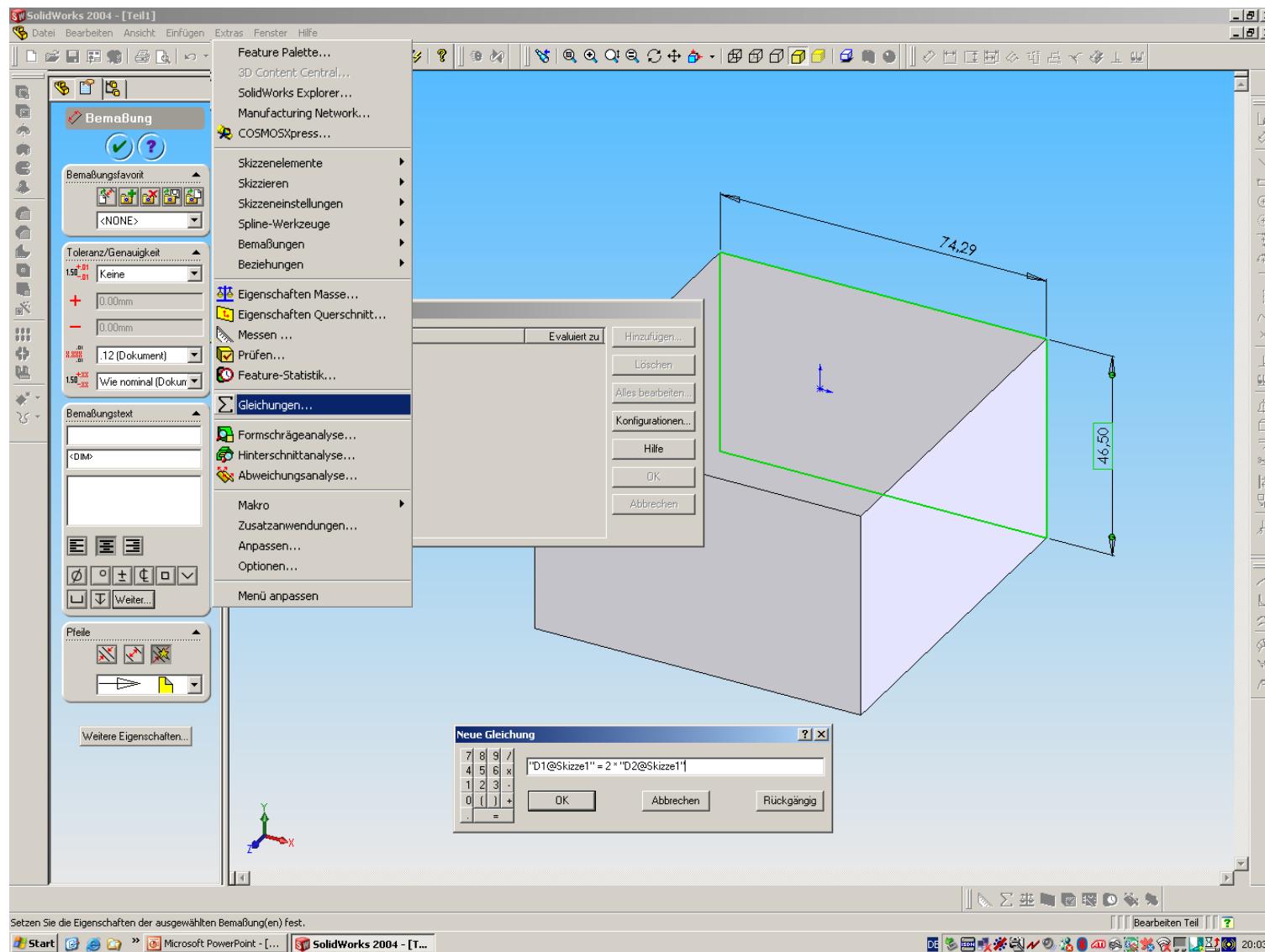
Skizzierwerkzeuge



Beziehungen hinzufügen / anzeigen



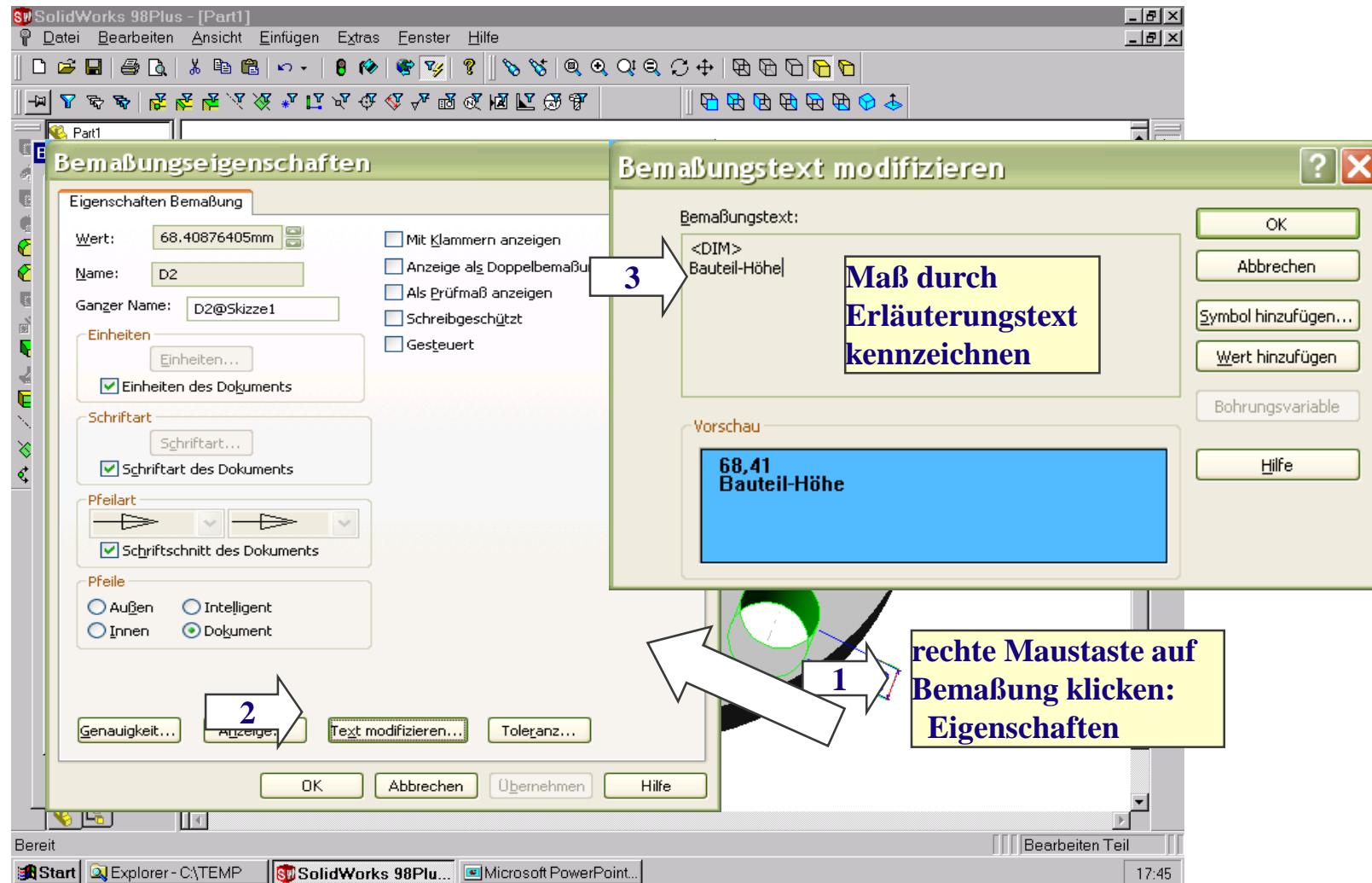
Einfügen von Gleichungen



Operatoren und Funktionen in Gleichungen

Operator	Beschreibung	Funktion	Beschreibung	Anmerkung
+	Addition	sin(x)	Sinusfunktion	Einheit für x: Radian
-	Subtraktion	cos(x)	Cosinusfunktion	Einheit für x: Radian
*	Multiplikation	tan(x)	Tangensfunktion	Einheit für x: Radian
/	Division	atn(x)	Kotangensfunktion	Einheit für x: Radian
^	Exponentialfunktion	abs(x)	Absolutwert	
		exp(x)	Exponentialfunktion	liefert e^n
		log(x)	Natürlicher Logarithmus	
		sqr(x)	Quadratwurzel	
		int(x)	Ganzzahl	Konvertierung in eine ganze Zahl
		sgn(x)	Vorzeichen	

Kennzeichnung von Maßen



Baugruppenfunktionen

- Baugruppen und deren Referenzen
- Verknüpfungen
- Explosionsansicht
- Darstellung von Teilen
- Modellierung im Kontext der Baugruppe
- Layout-Skizzen
- Zeitabhängige Features
- Vereinigen von Teilen

Baugruppentechnik: Konstruktionsmethoden

Bottom-Up-Design

Bottom-Up-Design ist die traditionellere Methode der beiden. Beim Bottom-Up-Design erstellen Sie Teile, fügen sie in eine Baugruppe ein und verknüpfen sie wie durch Ihre Konstruktion erforderlich. Bottom-Up-Design ist die bevorzugte Methode bei der Verwendung von früher erstellten, fertigen Teilen.

Das Bottom-Up-Design hat den Vorteil, daß die Komponenten unabhängig voneinander erstellt werden. Ihre Beziehungen und das Verhalten beim Modellneuaufbau sind einfacher als beim Top-Down-Design. Das Arbeiten von unten nach oben ermöglicht es Ihnen, sich auf die einzelnen Teile zu konzentrieren. Diese Methode empfiehlt sich vor allem dann, wenn keine Referenzen zwischen Teilen erstellt werden müssen.

1. Erstellen Sie Teile
2. Erstellen Sie eine Baugruppe
3. Fügen Sie Teile ein, und verknüpfen Sie sie

Top-Down-Design

Das Top-Down-Design ist anders, denn Sie beginnen Ihre Arbeit in der Baugruppe. Sie können mit der Geometrie einer Komponente andere Komponenten definieren oder Schnitt- oder Bohrungs-Features erstellen, die erst dann hinzugefügt werden, wenn die Komponenten zusammengebaut sind. Sie können auch mit einer Layout-Skizze beginnen, fixierte Komponentenpositionen, Ebenen usw. definieren und danach die Teile entwerfen, die diese Definitionen referenzieren.

Sie können beispielsweise ein Teil in eine Baugruppe einfügen und anschließend eine Vorrichtung auf der Grundlage dieses Teils erstellen. Wenn Sie von oben nach unten arbeiten und die Vorrichtung *im Kontext* erstellen, können Sie Modellgeometrie referenzieren und dadurch die Bemaßungen der Vorrichtung steuern, indem Sie geometrische Beziehungen zum Ausgangsteil herstellen. Dadurch wird die Bemaßung automatisch aktualisiert, wenn Sie eine Bemaßung des Teils ändern.

1. Erstellen Sie eine Baugruppe
2. Erstellen Sie Teile an Ort und Stelle
3. Erstellen Sie andere Teile (oder fügen Sie andere Teile ein)

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Hinzufügen von Komponenten

- Hinzufügen von Komponenten mit Hilfe des Menüs



Einfügen, Komponente -> Bestehende(s) Teil/Baugruppe ...

- Hinzufügen von Komponenten durch Ziehen und Ablegen von einem offenen Dokumentfenster



Fenster nebeneinander, Drag & Drop ...

- Hinzufügen von Komponenten durch Ziehen und Ablegen vom geöffneten Windows Explorer aus



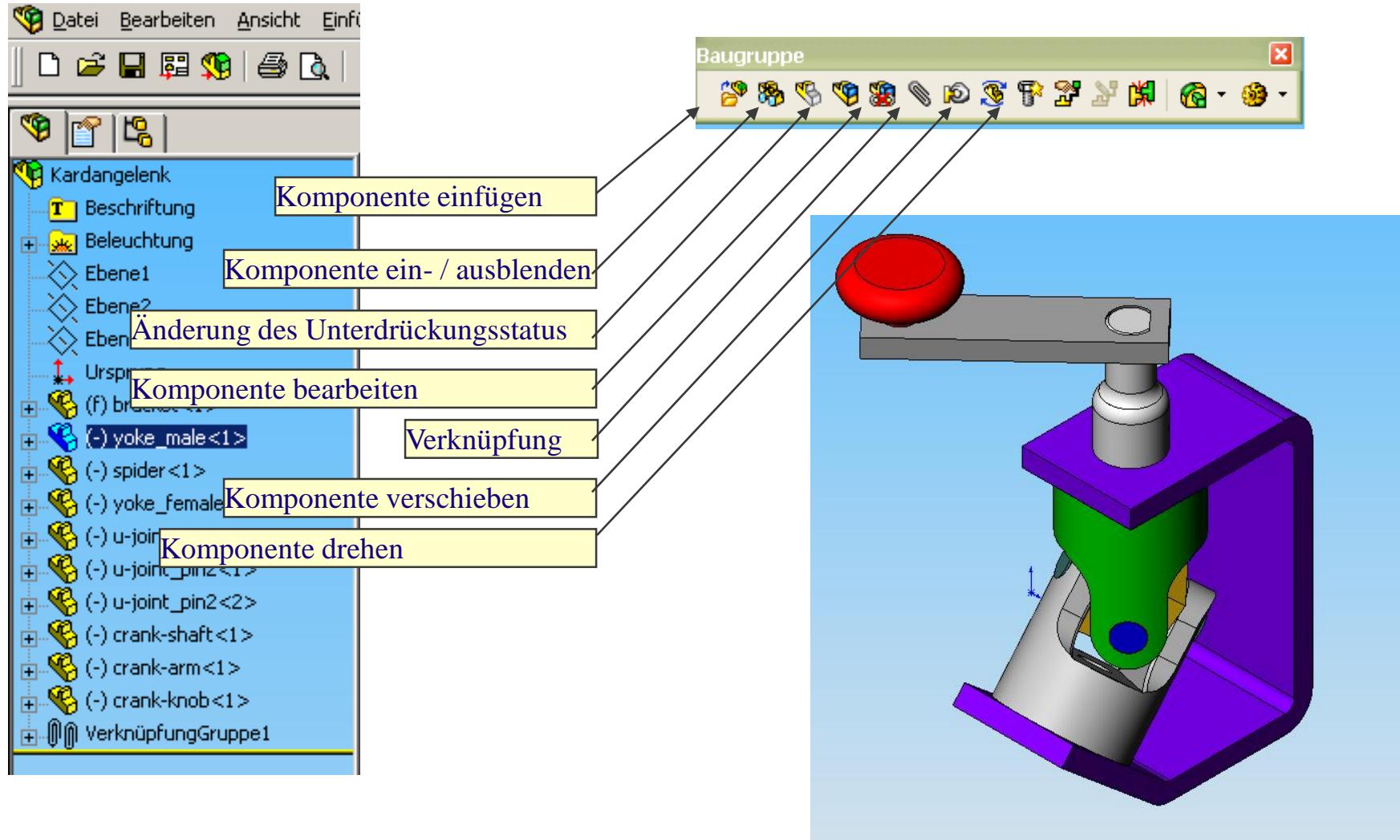
Fenster nebeneinander, Drag & Drop ...

- Hinzufügen von Komponenten durch Ziehen und Ablegen von einem Hyperlink im Internet Explorer aus

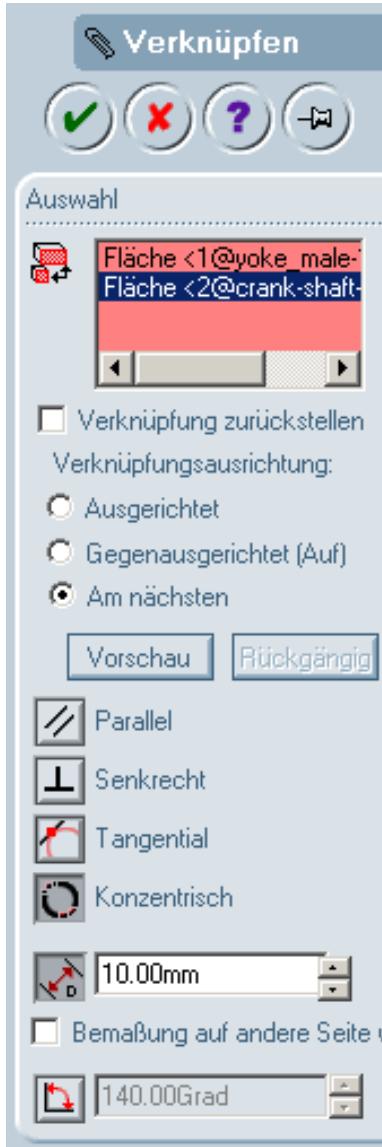


Fenster nebeneinander, Drag & Drop des Hyperlink, Speichern unter ...

Menüleiste: Baugruppe

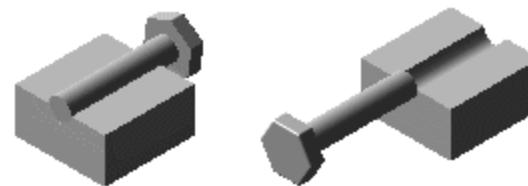


Baugruppe: Verknüpfung

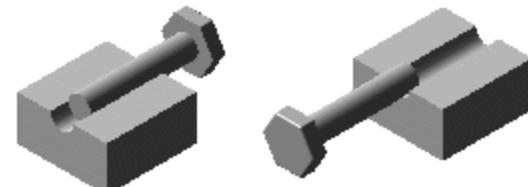


- **Ausgerichtet:** platziert die Komponenten so, dass die normalen Vektoren für die ausgewählten Flächen in die gleiche Richtung zeigen.
- **Gegenausgerichtet (Auf):** platziert die Komponenten so, dass die normalen Vektoren für die ausgewählten Flächen in die entgegengesetzte Richtung zeigen.
- **Am nächsten:** platziert die Komponenten entweder ausgerichtet oder gegenausgerichtet, je nachdem, welche Bedingung mit der geringsten Verschiebung erfüllt werden kann.

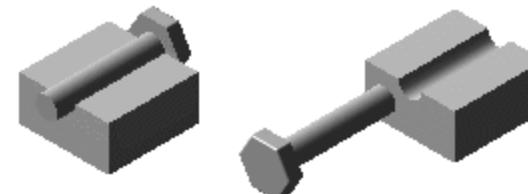
Deckungsgleich



Abstand



Abstand, Bemaßung auf andere Seite wechseln

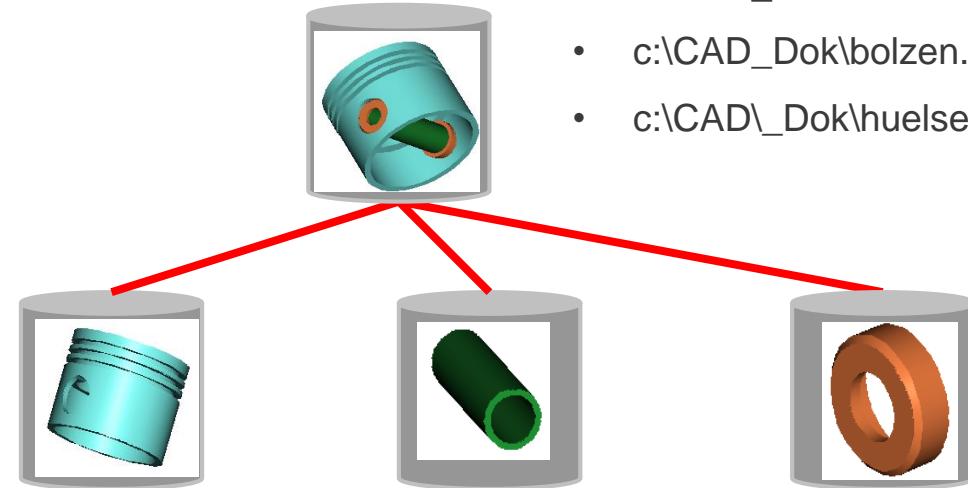


Baugruppen – Referenzen

Baugruppe
(Assembly)

Teil
(Part)

Die Referenzierung erfolgt über den Dateinamen



Baugruppe: „c:\CAD_Dok\Kolben-BG.sldasm“

- c:\CAD_Dok\kolben.sldprt
- c:\CAD_Dok\bolzen.sldprt
- c:\CAD_Dok\huelse.sldprt

Baugruppenfunktionen: Speichern und Referenzen suchen

Im Menü Datei gibt es mehrere Möglichkeiten, ein Baugruppendokument zu speichern. Die aktuellen Positionen aller referenzierten Dateien (Teile und Unterbaugruppen) werden, unabhängig von der verwendeten Methode, mit dem Baugruppendokument verknüpft.

- Speicher-Möglichkeiten:
- Speichern
 - Speichern unter
 - Speichern unter, als Kopie speichern

Durch den Befehl "Datei, Referenzen suchen" kann geprüft werden, welche Teil- und Unterbaugruppendateien in einer Baugruppe verwendet werden.

Anschließend kann über "Suchergebnisse, Dateien kopieren, Verzeichnis wählen" die Baugruppe in einem neuen Ordner komplett mit den Einzelteilen als Kopie unabhängig vom aktiven Dokument abgelegt werden.

Beispiel:

Baugruppendokument:

- c:\test\Assem1

Referenzierte Teildokumente:

- c:\test\PartA;
- c:\test\PartB (seit dem
letzten Speichern geändert)

Auswirkungen der Speicherarten:

	Gespeicherte Dateien	Aktive Baugruppe nach dem Speichern	Referenzierte Dateipositionen
Speichern	c:\test\Assem1 c:\test\PartB	c:\test\Assem1	c:\test\PartA c:\test\PartB
Speichern unter c:\final\Assem2	c:\final\Assem2 c:\test\PartB	c:\final\Assem2	c:\test\PartA c:\test\PartB
Als Kopie speichern c:\final\Assem2	c:\final\Assem2 c:\test\PartB	c:\test\Assem1	c:\test\PartA c:\test\PartB
Referenzen suchen, dann Dateien kopieren in c:\final	c:\final\Assem1 c:\final\PartA c:\final\PartB	c:\test\Assem1	c:\test\PartA c:\test\PartB

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Verknüpfungen

Mit Hilfe von Verknüpfungen werden die Positionen zwischen den Komponenten einer Baugruppe definiert.

Verknüpfungen werden beschrieben durch geometrische Beziehungen zwischen geometrischen Elementen (Punkte, Kanten, Flächen) oder Features von zwei Komponenten.

Bsp.: Zwei planare Flächen können durch die Verknüpfung „deckungsgleich“ verbunden werden.

Durch Verknüpfungen werden Freiheitsgrade der relativen Bewegung zwischen Komponenten eingeschränkt.

Vorgehensweise: Die zu verknüpfenden Elemente werden ausgewählt und anschließend wird per „Einfügen -> Verknüpfung“ (RMT -> Verknüpfung) der Property Manager aufgerufen.

Verknüpfungen können analog zu Features unterdrückt werden.

SolidWorks kennt drei Arten von Verknüpfungen:

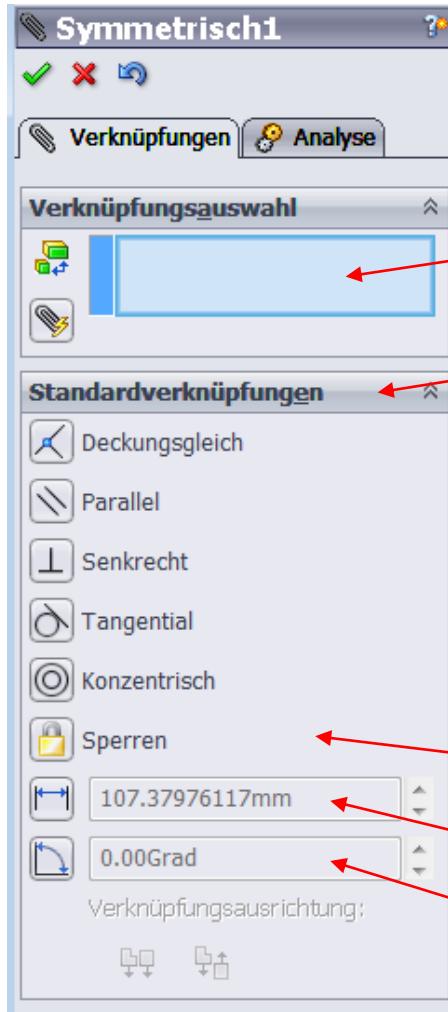
- Standardverknüpfungen
- Erweiterte Verknüpfungen
- Mechanische Verknüpfungen

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Standardverknüpfungen

Abhängig von den selektierten Elementen sind nur die möglichen Verknüpfungsarten auswählbar.

Bsp: Bei Auswahl von zwei planaren Flächen kann der Verknüpfungstyp „Deckungsgleich“ nicht ausgewählt werden.



Elemente für Verknüpfung

Gruppenfeld Standardverknüpfungen

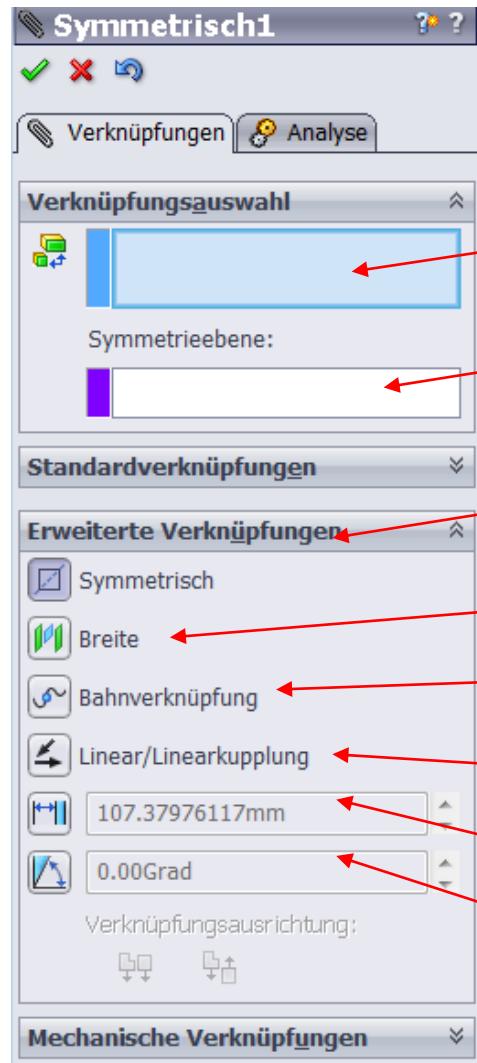
Sperren: Die Komponenten werden in der aktuellen Position „fixiert“

Abstandsverknüpfung

Winkelverknüpfung

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Erweiterte Verknüpfungen



Elemente für Verknüpfung

Individuelle Referenzelemente

Gruppenfeld Erweiterte Verknüpfungen

Breite: Zentrierung innerhalb der Breite einer Nut

Bahnverkn.: Bewegung entlang einer Bahn (Kurve, Kantenzug, etc.)

Linearkupplung: Ermöglicht Zuordnung einer translatorischen Bewegung abhängig von der Bewegung einer Komponente

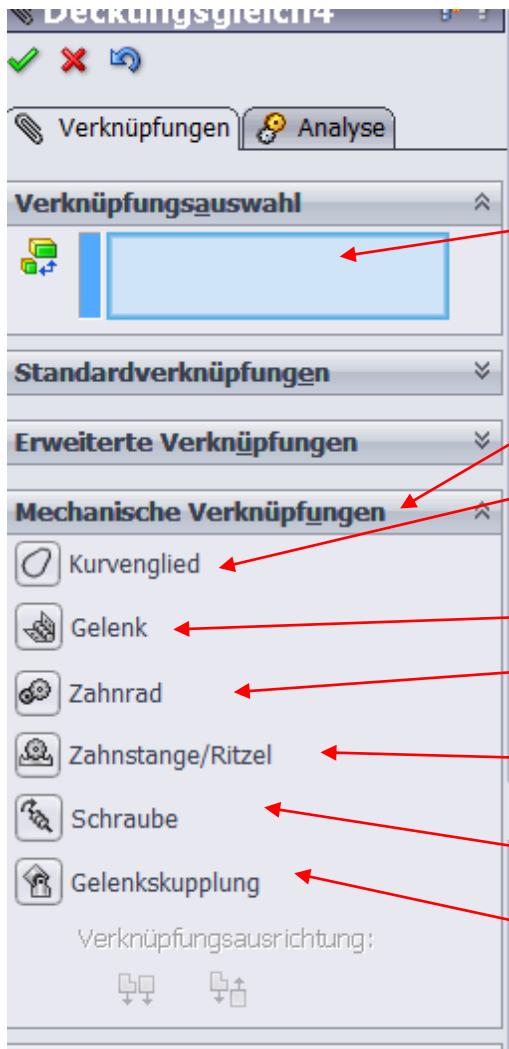
Abstandsverknüpfung (mit Angabe Maximal- und Minimalwert)

Winkelverknüpfung (mit Angabe Maximal- und Minimalwert)

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Mechanische Verknüpfungen

Mechanische Verknüpfungen bilden die Beziehungen und Bewegungsmöglichkeiten vorgegebener Maschinenelemente z.B. einer Zahnradpaarung ab.



Elemente für Verknüpfung

Gruppenfeld Mechanische Verknüpfungen

Kurvenglied: Zwingt einen Zylinder, eine Ebene oder einen Punkt, deckungsgleich oder tangential zu einer Serie von tangentialen linear ausgetragenen Flächen zu sein.

Gelenk: Kombiniert konzentrische und deckungsgleiche Verknüpfung.

Zahnrad.: Rotation zweier Komponenten um beliebige Achsen

Zahnstange/Ritzel: Ermöglicht Zuordnung einer translatorischen Bewegung abhängig von der Bewegung einer Komponente

Schraube (analog einem Schraubgetriebe)

Gelenkskupplung (Rotation durch System Antrieb- und Abtriebswelle)

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Automatische, geometrie-gestützte Verknüpfungen

Verknüpfungen können automatisch beim Einfügen von neuen Teilen in Baugruppen erstellt werden. Dies erfolgt durch Auswahl bestimmter Modellgeometrie des neu einzufügenden Teils und **Ziehen** dieser **Geometrie** auf **eine passende Fläche** eines vorhandenen Baugruppenteils.

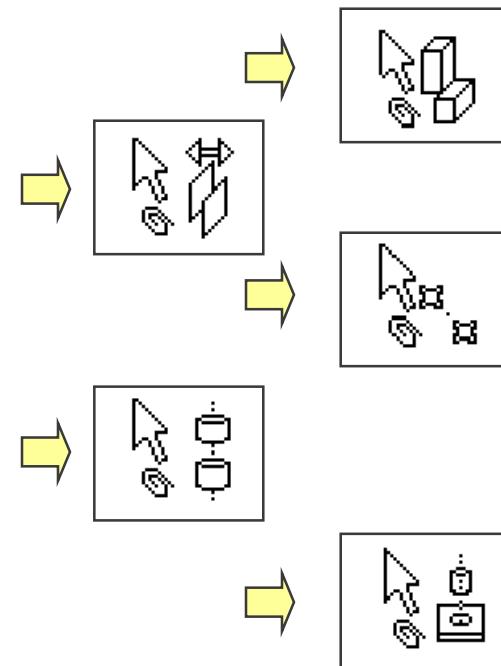
Mögliche Geometrieelemente:

- lineare oder runde Kanten
- temporäre Achsen
- Eckpunkte
- planare oder konische Flächen

Folgende Arten werden unterstützt:

Verknüpfungselemente	Verknüpfungsart
Lineare Kante mit linearer Kante	deckungsgleich
Planare Fläche mit planarer Fläche	deckungsgleich
Eckpunkt mit Eckpunkt	deckungsgleich
Achse mit Achse Konische Fläche mit Achse Achse mit konischer Fläche Konische Fläche mit konischer Fläche	konzentrisch
Runde Kante mit runder Kante	deckungsgleich (planare Flächen) und konzentrisch (konische Flächen)

Cursoransicht:



Baugruppenfunktionen: Automatische, feature-gestützte Verknüpfungen

Verknüpfungen können automatisch zwischen konischen Features hinzugefügt werden, die eine “Stift-in-Bohrung“- Beziehung haben. Das eine Feature muss eine Basis oder ein Aufsatz sein, das andere eine Bohrung oder ein Schnitt. Die Features müssen eine passende Reihe von Flächen haben. Die konischen Flächen müssen beide von der gleichen Art sein (Kegel *oder* Zylinder). Weiterhin müssen planare Flächen vorhanden sein, die an die konischen Flächen grenzen. Vorgehensweise:

Ein **Feature** im Teilfenster auf das Baugruppenfenster ziehen und auf einer zylindrischen oder konischen **Fläche** ablegen.



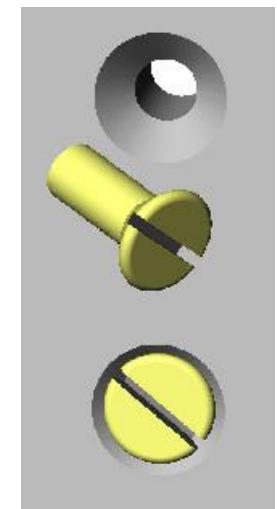
=> Die Beziehung konzentrisch wird automatisch hinzugefügt.

=> Eine deckungsgleiche Beziehung wird zwischen den planaren Flächen je nach Konstruktionsweise des einzufügenden Teils eingefügt.

Beispiel:

Verknüpfung der zylindrischen Basis der Schraube mit der zylindrischen Bohrung:

=> planare Endfläche der Schraube wird mit planarer Fläche auf der Rückseite der Bohrung verknüpft.



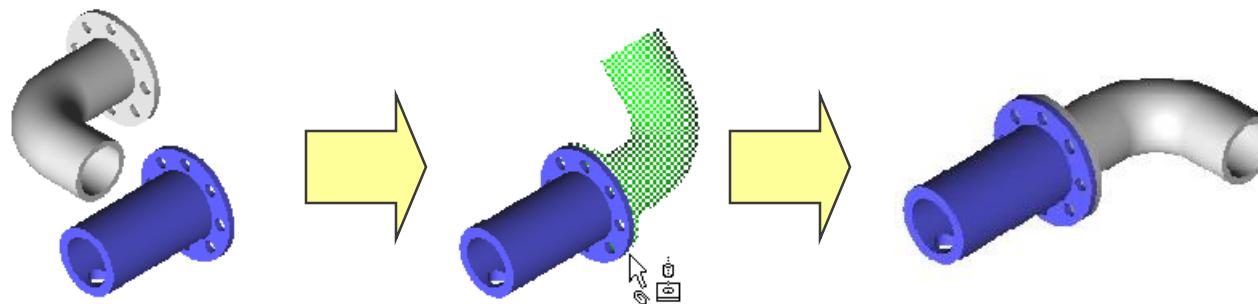
Verknüpfung des konischen Aufsatzes der Schraube mit konischer Senkung der Bohrung:

=> planare Kopffläche der Schraube wird mit planarer Fläche auf der Vorderseite der Bohrung verknüpft.

Baugruppenfunktionen: Automatische, muster-basierte Verknüpfungen

In bestimmten Fällen können bis zu drei Verknüpfungen automatisch eingefügt werden. Jede Komponente muß ein Kreismuster von zylindrischen Bohrungen auf einer planaren Fläche mit einer runden Kante haben.

Vorgehensweise: Ziehen der runden Kante im Teilefenster auf die runde Kante des Teils in der Baugruppe

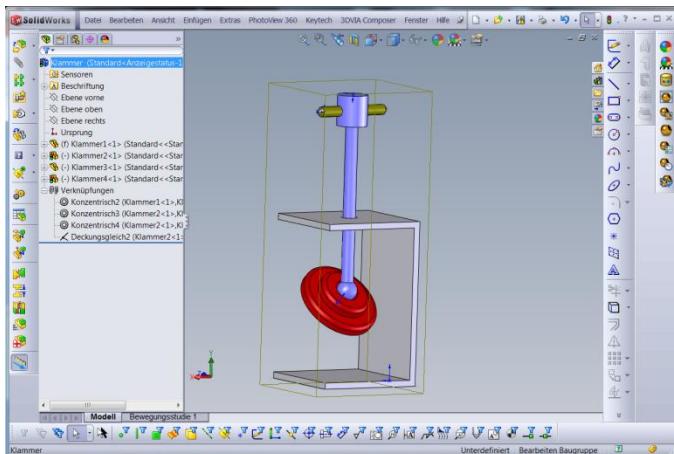


Die Verknüpfungen konzentrisch und deckungsgleich werden hinzugefügt. Falls möglich, wird eine weitere Verknüpfung vom Typ konzentrisch eingefügt, um ein Bohrungsmuster zu einem anderen Bohrungsmuster auszurichten.
Durch Drücken der Tabulator-Taste während des Einfügens kann die Richtung der deckungsgleichen Beziehung (ausgerichtet / gegenausgerichtet) umgeschaltet oder ein Rotieren des neuen Teils entsprechend der gesetzten konzentrischen Bedingung und in Schritten entsprechend des rotatorischen Musters erreicht werden.

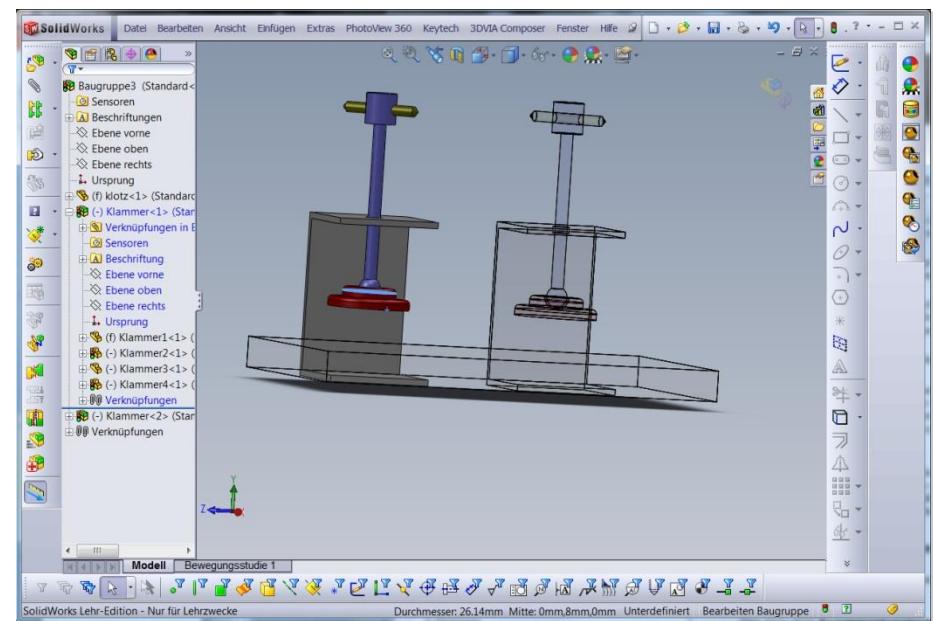
Baugruppenfunktionen: Flexible Unterbaugruppen

Werden in einer Baugruppe mehrere Komponenten einer selben Unterbaugruppe verwendet, so sind die Verknüpfungen der Unterbaugruppe standardmäßig starr.

Eine Modifikation der Unterbaugruppe wirkt sich in allen Instanzen aus.



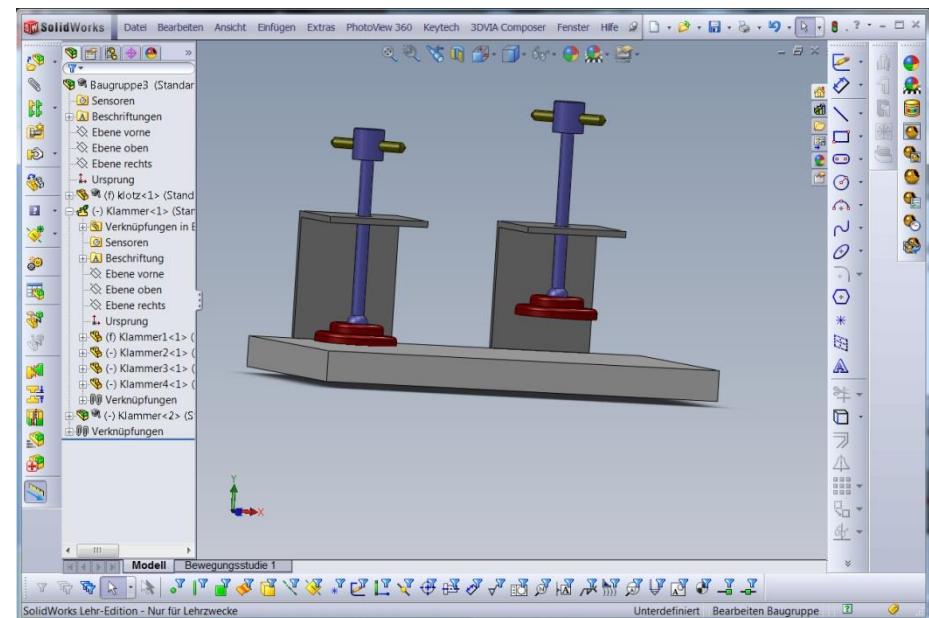
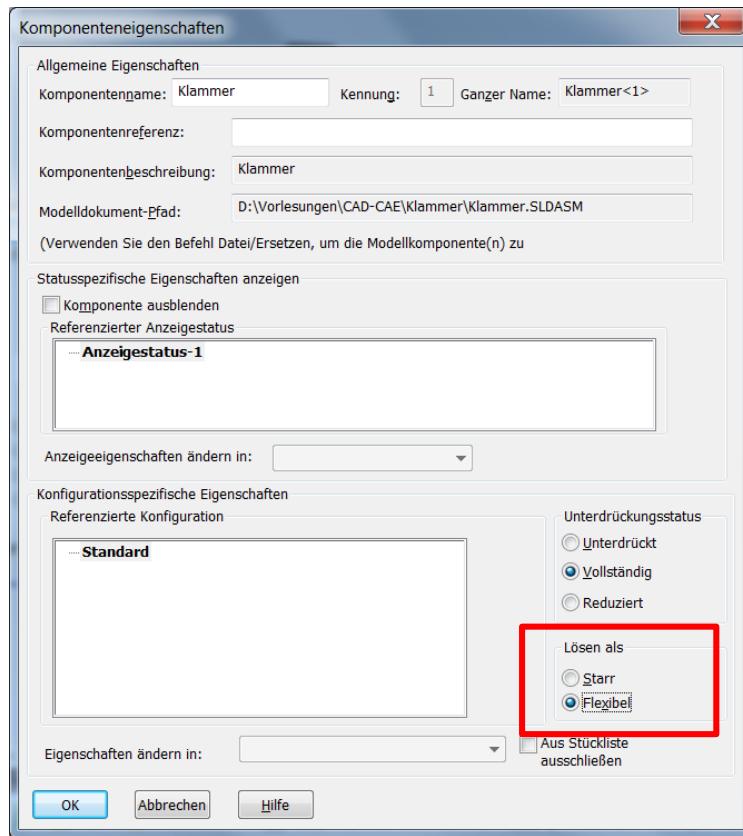
Baugruppe Klammer



Baugruppe Werkbank

Baugruppenfunktionen: Flexible Unterbaugruppen

Um die verschiedenen Instanzen separat modifizieren zu können, werden die Unterbaugruppen als „flexible Unterbaugruppen“ definiert. Dazu wird die Unterbaugruppe ausgewählt und das Dialogfeld Komponenteneigenschaften geöffnet.



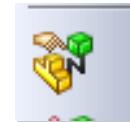
Baugruppe Werkbank mit
flexiblen Unterbaugruppen

Baugruppenfunktionen: Explosionsansichten (1)

Für Anschauungszwecke wie z.B. Bedienungsanleitungen kann es nützlich sein, Komponenten von Baugruppen aufzuspalten, um ihre Beziehungen visuell analysieren zu können.

Eine Explosionsansicht besteht aus einer oder mehreren Auflösungsstufen und wird im Baugruppendokument gespeichert.

Vorgehensweise: - Einfügen, Explosionsansicht: oder Symbol:



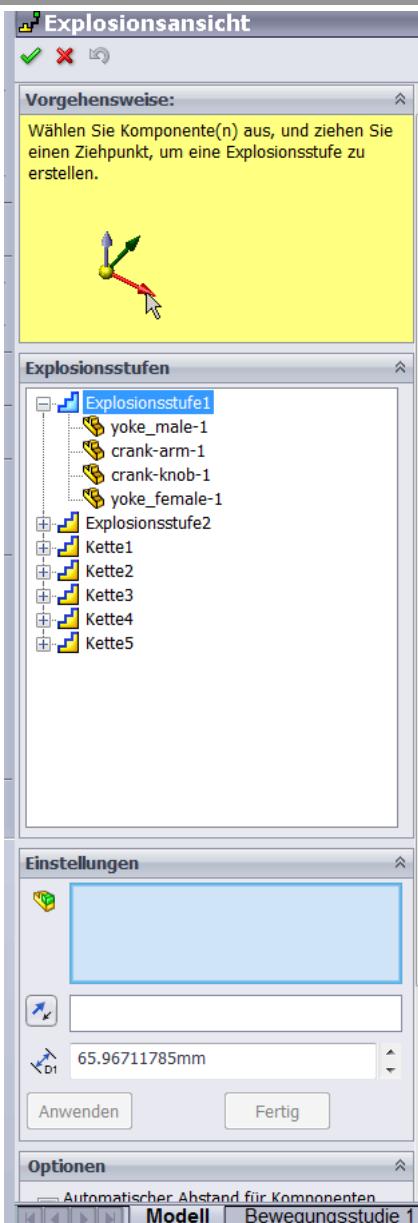
=> Im Konfigurationsmanager wird eine neue Konfiguration Explosionsansicht eingefügt, die anschließend editiert werden kann.

Es kann in jeder Konfiguration (nur) eine Explosionsansicht vorhanden sein.

Werden mehrere Explosionsansichten benötigt, sind weitere Konfigurationen zu erstellen.

Quelle: SolidWorks

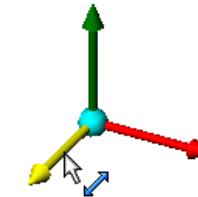
Explosionsansichten: Vorgehensweise



Erstellung einer Explosionsansicht:

1. Klicken Sie auf **Explosionsansicht** (Baugruppen-Symbolleiste), oder auf **Einfügen, Explosionsansicht**.
2. Wählen Sie eine oder mehrere Komponenten aus, die in die erste Explosionsstufe integriert werden sollen.

Im **PropertyManager** werden die Komponenten in **Komponente (n) der Explosionsstufe** angezeigt. Eine Triade wird im Grafikbereich angezeigt.



3. Ziehen Sie einen Triadenarm, um die Komponenten aufzulösen.
Die Explosionsstufe wird unter **Explosionsstufen** eingeblendet.

4. Klicken Sie unter **Einstellungen** auf **Fertig**.

Der PropertyManager wird deaktiviert und ist für die nächste Explosionsstufe bereit.

5. Erstellen Sie nach Bedarf mehr Explosionsstufen, und klicken Sie auf .

Eine Explosionsansicht wird mit der Baugruppenkonfiguration gespeichert, in der sie erstellt wird. Jede Konfiguration kann über eine Explosionsansicht verfügen.

Sie können eine Explosionsansicht aus der aktiven Konfiguration in eine andere Konfiguration kopieren, indem Sie **ExplView** im ConfigurationManager ziehen. Sie können auf die Kopie der Explosionsansicht zugreifen, wenn Sie die zweite Konfiguration aktivieren.

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Darstellung von Teilen

Möglichkeiten der Darstellung:



Vollständig. Dies ist der einzige Unterdrückungsstatus, bei dem die Komponente aufgeklappt werden kann (doppelklicken Sie auf den Namen, oder klicken Sie auf **+**).



Reduziert. Eine Feder wird auf dem Symbol eines reduzierten Teils eingeblendet.



Unterdrückt. Ein graues Symbol zeigt an, daß die Komponente in der aktiven Konfiguration nicht verwendet wird.



Ausgeblendet. Ein weißes Symbol zeigt an, daß die Komponente aktiv, aber nicht sichtbar ist.

Quelle: SolidWorks

Die Verwendung einer nicht vollständigen Darstellung dient zur Vereinfachung von komplexen Baugruppen. Hieraus ergeben sich mehrere Vorteile:

Verbesserung der Systemleistung und Verringerung der Zeit für den Modellneuaufbau.

Erstellung vereinfachter Ansichten der Baugruppe, die bestimmte Komponenten enthalten und andere ausschließen.

Erstellung von Konstruktionsvarianten der Baugruppe mit verschiedenen Kombinationen von Komponenten.

Darstellung von Baugruppen: Vergleich von Leistung und Verhalten

	Vollständig	Reduziert	Unterdrückt	Ausge-blendet
In Hauptspeicher geladen	ja	teilweise	nein	ja
Sichtbar	ja	ja ²	nein	nein
Features im FeatureManager verfügbar	ja	ja ³	nein	nein
Flächen und Kanten zugriffsfähig, um Verknüpfungen hinzuzufügen	ja	ja ³	nein	nein
Verknüpfungen gelöst	ja	ja	nein	ja
In-Kontext-Features gelöst	ja ¹	ja ⁴	nein	ja
Baugruppen-Features gelöst	ja	ja ⁴	nein	ja
In globalen Operationen berücksichtigt	ja	nach Bedarf ²	nein	ja
Kann im Kontext bearbeitet werden	ja	ja ³	nein	nein
Geschwindigkeit beim Laden und Modellneuaufbau	normal	schneller	schneller	normal
Anzeigegeschwindigkeit	normal	normal	schneller	schneller



¹ In-Kontext-Features auf *vollständig dargestellten* Teilen, die reduzierte Teile *referenzieren*, werden automatisch aktualisiert.

² Zu globalen Operationen gehören Masseneigenschaften, Interferenzprüfung, nicht schattierte Ansichten, Schnittansichten und das Exportieren in andere Dateiformate. Wenn reduzierte Teile vorhanden sind, werden Sie vom Programm aufgefordert, sie entweder vollständig darzustellen oder die Operation abzubrechen.

³ Reduzierte Teile werden automatisch vollständig dargestellt, wenn sie für diese Operation ausgewählt werden.

⁴ Wenn In-Kontext-Features, Baugruppen-Features oder Gleichungen reduzierte Teile beeinflussen, werden diese vollständig dargestellt, wenn die Baugruppe neu aufgebaut wird.

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Top-Down-Design

Methoden

Sie können einige oder alle der folgenden Top-down-Methoden benutzen:

Individuelle Feature können Top-down konstruiert werden, indem sie auf andere Teile in der Baugruppe referenziert werden. In der Bottom-up-Konstruktion wird ein Teil in einem separaten Fenster, in dem nur das Teil sichtbar ist, erstellt. In SolidWorks können Sie jedoch auch Teile bearbeiten, während Sie in einem Baugruppenfenster arbeiten. Dies stellt die gesamte Geometrie der Komponente für Referenzen (z.B. zum Kopieren oder für Bemaßen) zur Verfügung. Diese Methode ist hilfreich für diejenigen Teile, die größtenteils statisch sind, die aber einige Feature haben, die mit anderen Baugruppenkomponenten gleiche Schnittstellen haben.

Komplette Teile können mit Top-down-Methoden gebaut werden, indem neue Komponenten innerhalb des Kontext der Baugruppe erstellt werden. Die Komponente, die Sie bauen, ist mit einer existierenden Komponente in der Baugruppe verbunden (verknüpft). Die Geometrie der Komponente, die Sie bauen, basiert auf einer existierenden Komponente. Diese Methode ist für Teile nützlich, die zu einem großen Teil, bzw. vollständig von anderen Teilen abhängig sind, um ihre Form und Größe zu definieren, wie z.B. Klammern und Befestigungen.

Sie können ebenso eine ganze Baugruppe Top-down konstruieren, indem Sie zuerst eine **Layout-Skizze** erstellen, die die Position der Komponenten, Schlüsselbemaßungen, etc. definiert. Dann bauen Sie ein 3D-Teil, indem Sie eine der oben angeführten Methoden nutzen, so dass die 3D-Teile den Vorgaben der Skizze für Größe, Position, etc. folgt. Die Schnelligkeit und Flexibilität der Skizzen erlaubt es Ihnen, mehrere Versionen der Konstruktion auszuprobieren bevor Sie eine 3D-Geometrie aufbauen. Selbst nachdem Sie die 3D-Geometrie aufgebaut haben, können Sie mit der Skizze eine große Anzahl von Änderungen in einer zentralen Stelle durchführen.

Quelle: SolidWorks

Baugruppenfunktionen: Top-Down-Design

Vorgehensweise : Erzeugen eines neuen Teils im Kontext der Baugruppe durch Befehl:
Einfügen, Komponente, Neu

1. Klicken Sie auf **Neues Teil**  (Baugruppen-Symbolleiste), oder auf **Einfügen, Komponente, Neues Teil**.
2. Geben Sie für extern gespeicherte Teile einen Namen für das neue Teil in das Dialogfeld **Speichern unter**, und klicken Sie auf **Speichern**.
3. Wählen Sie eine Ebene oder planare Fläche aus (während der Cursor  ist).

Die Bearbeitung des Fokus wechselt zum neuen Teil, und eine Skizze wird im neuen Teil geöffnet. Eine **platzierte** (deckungsgleiche) Verknüpfung wird zwischen der Ebene **Vorne** des neuen Teils und der ausgewählten Ebene oder Fläche hinzugefügt. Das neue Teil wird durch die **platzierte** Verknüpfung voll positioniert. Zur Positionierung sind keine zusätzlichen Verknüpfungen notwendig. Wenn Sie die Komponente neu positionieren möchten, müssen Sie die **platzierte** Verknüpfung zuerst löschen.

Das neue Teil wird im FeatureManager eingeblendet. Extern gespeicherte Teile werden mit einem Namen mit der Form **Teiln**. angezeigt. Virtuelle Komponenten werden mit einem Namen mit der Form **[Teiln^Baugruppenname]**. angezeigt.

 Bei intern gespeicherten Teilen können Sie anstatt eine Ebene auszuwählen auf eine leere Stelle im Grafikbereich (während der Cursor  ist) klicken. Ein leeres Teil wird der Baugruppe hinzugefügt. Sie können die leere Teildatei bearbeiten oder öffnen und Geometrie erstellen. Der Ursprung des Teils ist mit dem Ursprung der Baugruppe deckungsgleich, und die Teilposition ist **fixiert**.

4. Erstellen Sie die Teil-Features mit denselben Methoden, die Sie verwenden, wenn Sie ein Teil allein erstellen. Referenzieren Sie nach Bedarf die Geometrie von anderen Komponenten in der Baugruppe.

 Wenn Sie ein Feature mit der Option **Bis nächste** linear austragen, muss sich die *nächste* Geometrie an demselben Teil befinden. Verwenden Sie **Bis Oberfläche** zum linearen Austragen bis zu einer Oberfläche einer anderen Komponente in der Baugruppe verwendet werden.

5. Um zur Bearbeitung der Baugruppe zurückzukehren, klicken Sie, um **Komponente bearbeiten**  (Baugruppen-Symbolleiste) zu deaktivieren, oder klicken Sie auf  in der Bestätigungcke.

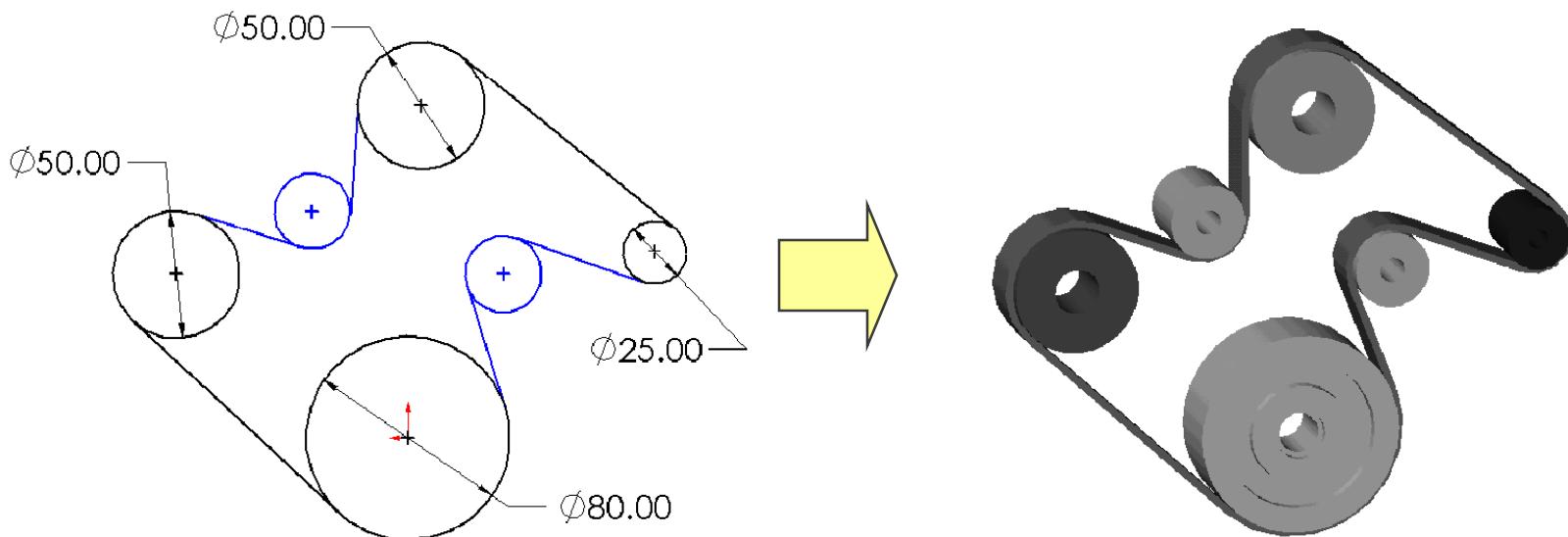
Quelle: SolidWorks

Top-Down-Design: Layout-Skizze

Vor der Erstellung eines Teils im Kontext der Baugruppe kann eine Layout-Skizze erzeugt werden, die dazu dient, die Position und Form der anschließend neu zu erstellenden Teile über Beziehungen zwischen den Teil-Skizzen und der Layout-Skizze (z.B. koradial bei Kreisen) festzulegen.

Vorteil: Durch Änderung der Layout-Skizze kann das Aussehen der gesamten Baugruppe in einem Arbeitsgang verändert werden, ohne dass die Einzelteile einzeln angefasst werden müssen.

Beispiel: Erstellung eines Riementriebes über eine Layout-Skizze:



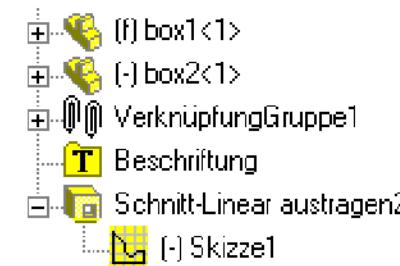
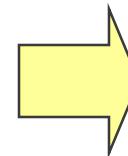
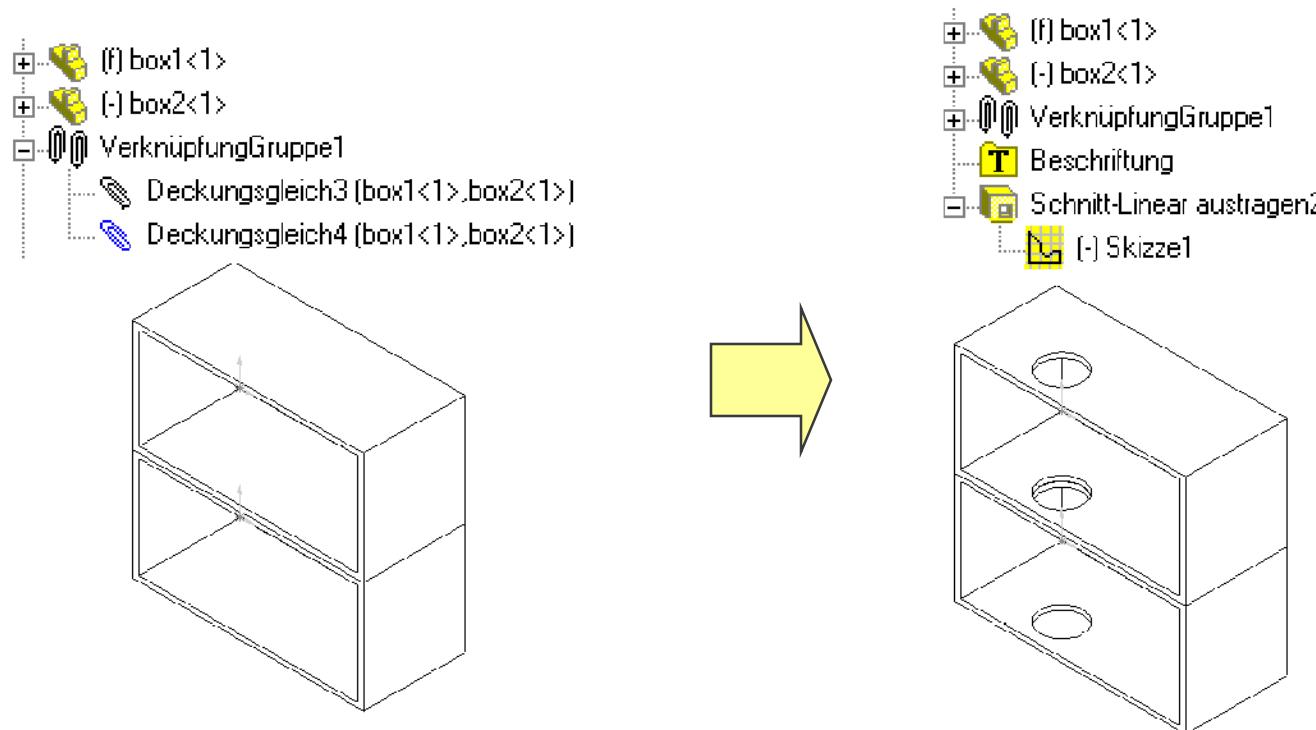
/ Baugruppenfunktionen

Baugruppenfunktionen: Zeitabhängige Features (1)

Zu den zeitabhängigen Features gehören:

- Baugruppen-Features: Baugruppen-Schnitte, Bohrungen und Schweißnähte
- Baugruppenebenen, -achsen und -skizzen
- Baugruppenkomponentenmuster

Beispiel: Baugruppen-Schnitt

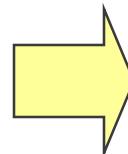
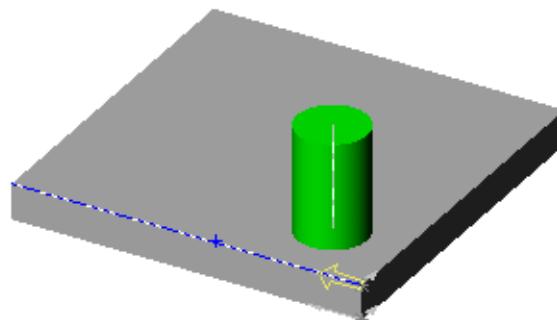


Baugruppenfunktionen: Zeitabhängige Features (2)

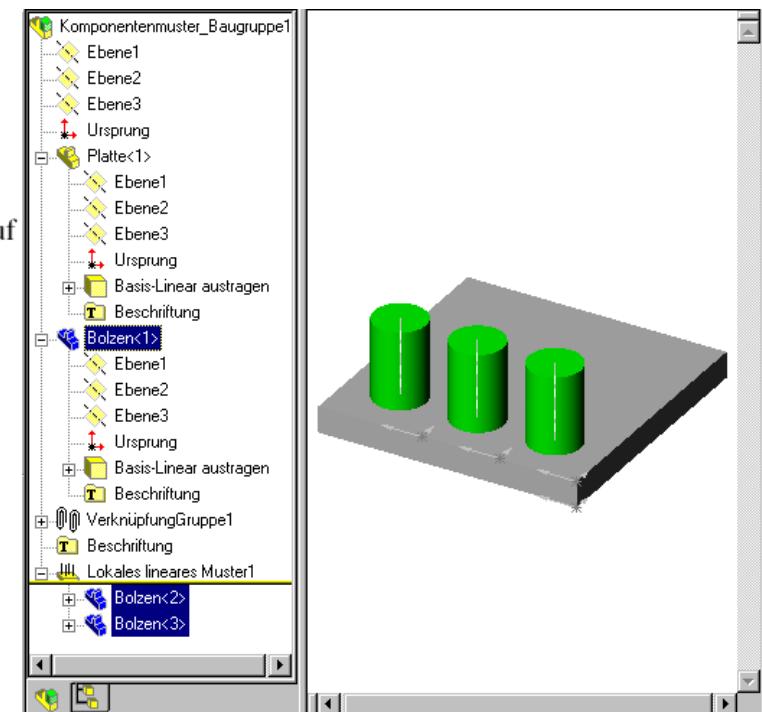
Hinzufügen eines Komponentenmusters:

1. Definieren eines neuen Musters für die Plazierung von Komponenten in einer Baugruppe

- 1 Fügen Sie Komponenten in eine Baugruppe ein, und verknüpfen Sie sie.
- 2 Klicken Sie auf **Einfügen, Komponentenmuster**.
- 3 Klicken Sie im Dialogfeld **Mustertyp** auf **Eigenes Muster definieren**, wählen Sie **Linear** oder **Kreisförmig**, und klicken Sie auf **Weiter**.
- 4 Klicken Sie auf die **Ausgangskomponente** (die zu kopierende Komponente).
- 5 Klicken Sie auf das Feld **Entlang Kante/Bemaßung**, wählen Sie ein Element, um die Musterrichtung anzuzeigen, und klicken Sie bei Bedarf auf **Richtung umkehren**.
 - Wählen Sie bei einem linearen Muster eine lineare Kante oder eine lineare Bemaßung.
 - Wählen Sie bei einem Kreismuster eine Achse, eine lineare Kante oder eine Winkelbemaßung.
- 6 Bestimmen Sie den **Abstand** und die **Referenzierten Kopien**, und klicken Sie auf **OK**.



Quelle: SolidWorks



/ Baugruppenfunktionen

Baugruppenfunktionen: Zeitabhängige Features (3)

Hinzufügen eines Komponentenmusters:

2. Verwenden von bestehenden Mustern für die Plazierung von Komponenten in einer Baugruppe

Bestehendes Muster zur Erstellung eines Musters von Komponenten verwenden:

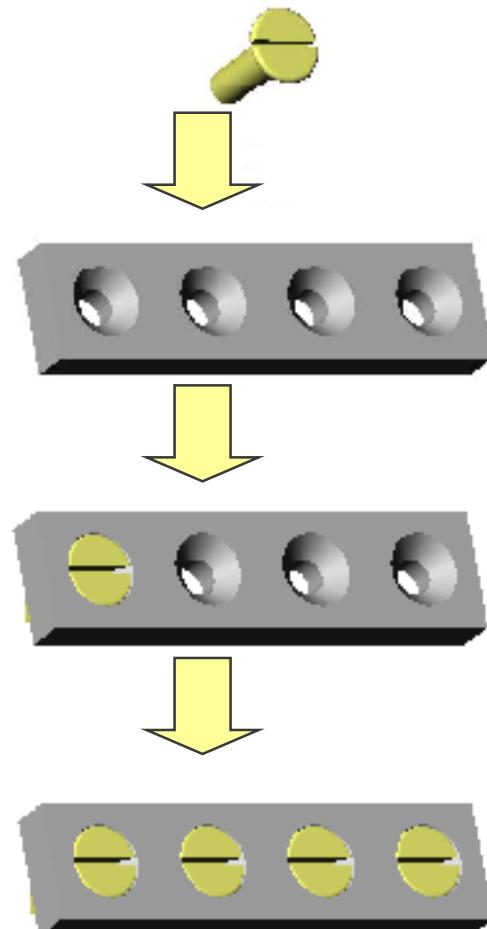
1. Klicken Sie auf **Einfügen, Komponentenmuster, Feature-gesteuert**.
2. Wählen Sie die Ausgangskomponenten für **Komponenten für Muster** ⚡ aus.
3. Klicken Sie in **Steuerndes Feature** 🌎, und wählen Sie das Muster-Feature im FeatureManager oder eine Fläche der referenzierten Kopien des Musters im Grafikbereich aus.
4. Um die Ausgangsposition zu ändern, klicken Sie auf **Ausgangsposition auswählen**, um wählen Sie eine andere referenzierte Musterkopie als Ausgangs-Feature im Grafikbereich aus.
5. Um ausgewählte referenzierte Kopien zu überspringen, klicken Sie in das Feld **Zu umgehende referenzierte Kopien** ⚡, und wählen Sie die Vorschau der referenzierten Kopie im Grafikbereich aus.

Der Cursor ändert sich zu , wenn er sich über einer Vorschau im Grafikbereich befindet.

6. Klicken Sie auf ✓.

Die neuen Komponenten werden im FeatureManager unter **Abgeleitetes lineares Muster** oder **Abgeleitetes Kreismuster** eingeblendet.

Standardmäßig wird bei allen referenzierten Kopien dieselbe Konfiguration wie bei den Ausgangskomponenten verwendet. Um die Konfiguration zu wechseln, bearbeiten Sie die Komponenteneigenschaften der referenzierten Kopie.



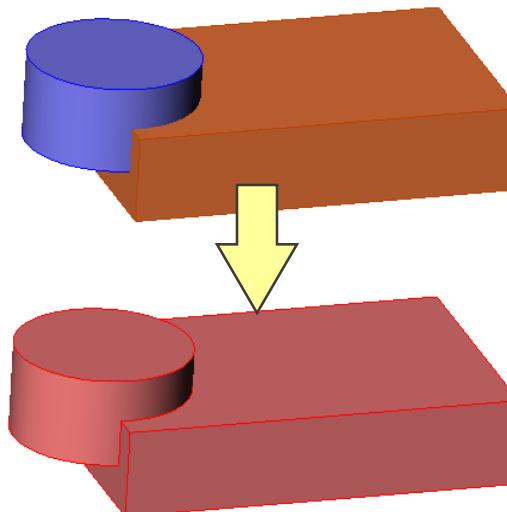
Quelle: SolidWorks

Boolesche Operationen in der Baugruppe

Vorgehensweise für Addition:

- Grundkörper erstellen und in der Baugruppe so positionieren, dass sie sich zumindest mit einer Fläche berühren bzw. durchdringen
- Ein neues, leeres Teil in die Baugruppe einfügen
- Das neue leere Teil bearbeiten
- *Einfügen, Feature, Vereinigen* ausführen
- Die gewünschten Komponenten wählen und abschließen

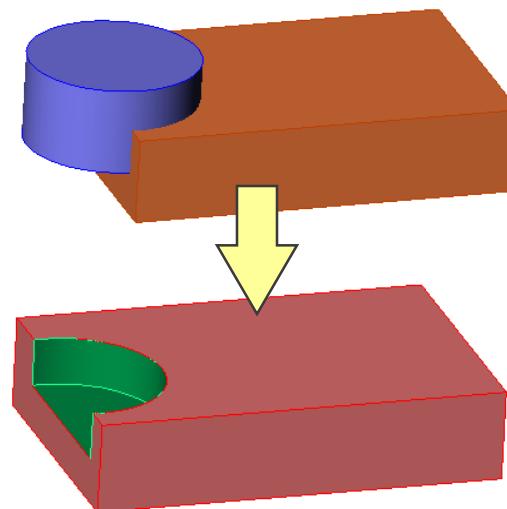
Anschließend kann das Teil in der Baugruppe weiterbearbeitet werden.



Vorgehensweise für Subtraktion:

- Grundkörper erstellen und in der Baugruppe so positionieren, dass sie sich durchdringen
- den Werkstückkörper bearbeiten
- *Einfügen, Feature, Formnest* ausführen
- Die gewünschten Werkzeugkörper wählen, die vom Werkstück abgezogen werden sollen
- Den Skalierungsfaktor auf 0 stellen (keine Schrumpfung/Offset) und abschließen
- Den / die Werkzeugkörper ausblenden

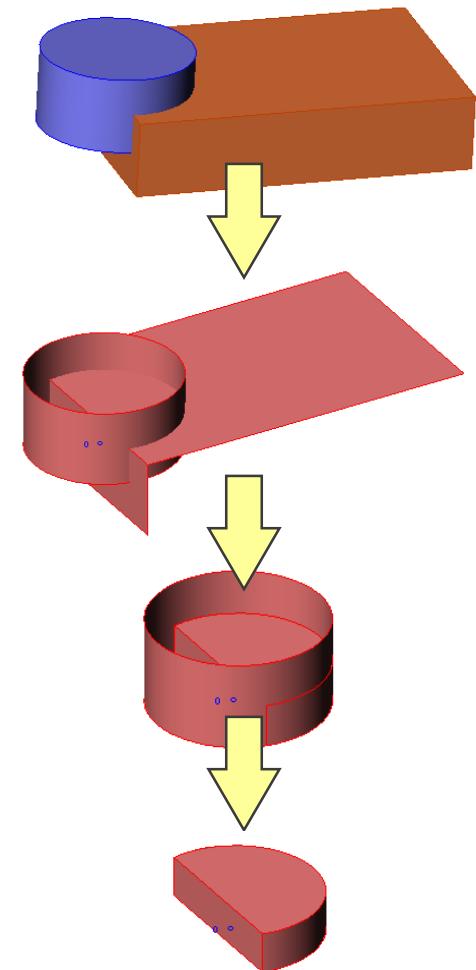
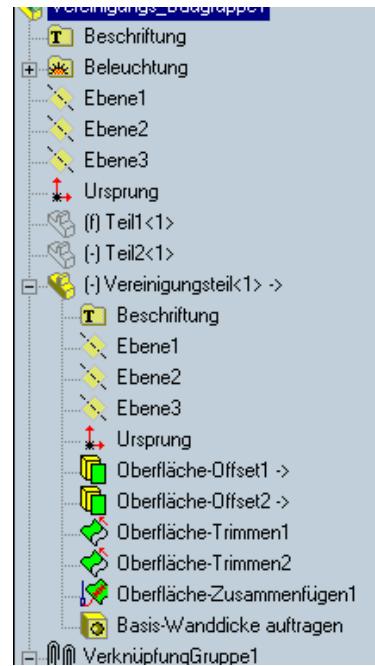
Anschließend kann das Teil in der Baugruppe weiterbearbeitet werden.



Boolesche Operationen in der Baugruppe

Vorgehensweise für Schnitt:

- Grundkörper erstellen und in der Baugruppe so positionieren, dass sie sich durchdringen
- Ein neues, leeres Teil in die Baugruppe einfügen
- Das neue leere Teil bearbeiten
- Oberflächen von den Grundkörpern über Einfügen, Oberfläche, Offset (Abstand 0) abnehmen
- Die Ursprungskörper ausblenden
- Die sich durchdringenden Oberflächen gegenseitig trimmen
- Über *Einfügen, Oberfläche, Zusammenfügen* eine geschlossene Flächenschale erstellen
- Über *Einfügen, Basis, Wanddicke auftragen* mit Option *Volumenkörper über zusammengesetzte Oberfläche erzeugen*



Anschließend kann das Teil in der Baugruppe weiterbearbeitet werden.

Ableiten einer Zeichnung

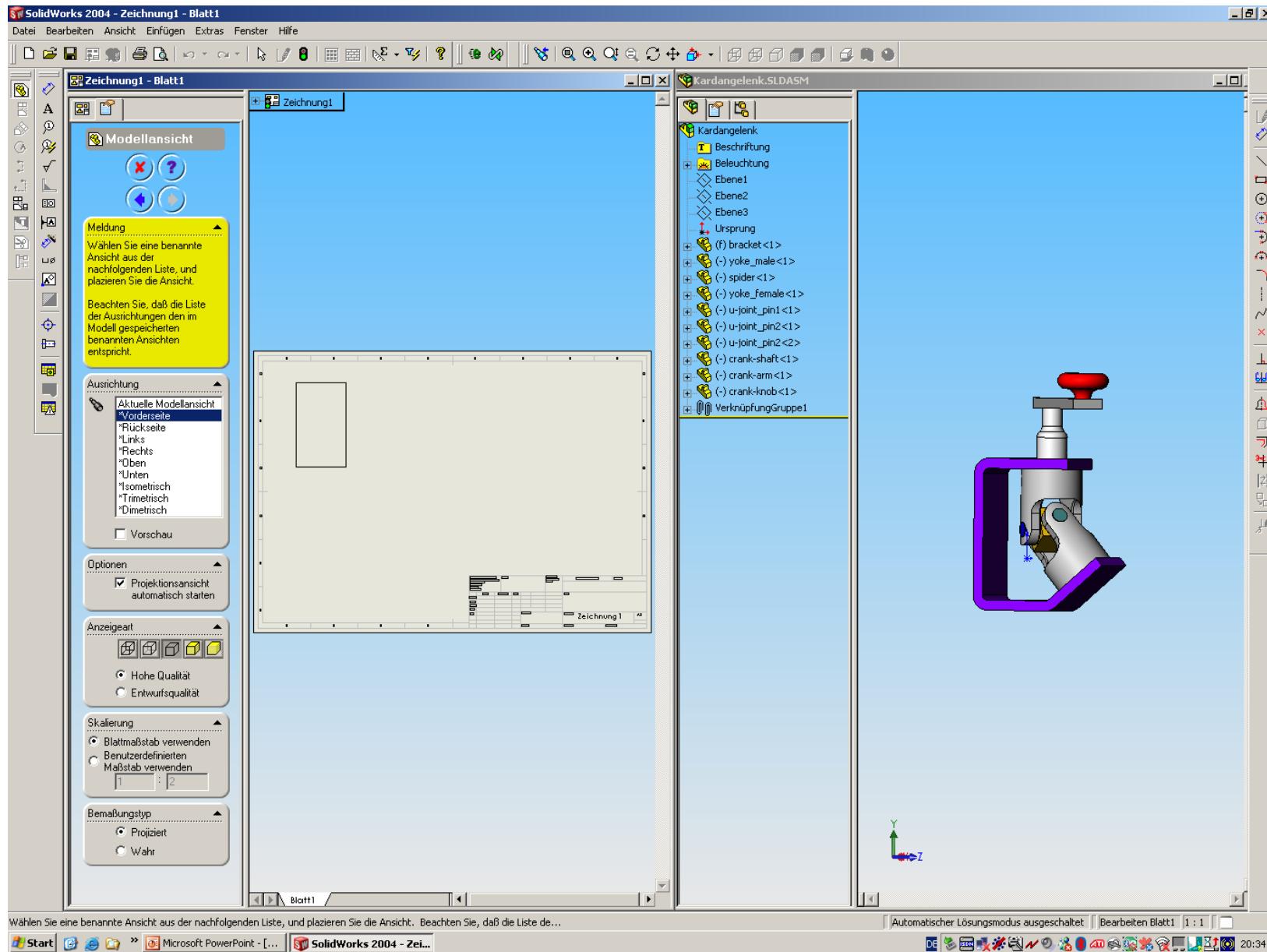
Vorgehensweise (Auswahl):

- Teil, für das eine Zeichnung erstellt werden soll, öffnen.
- Neue Zeichnung öffnen: Datei, Neu, Zeichnung
- Formatvorlage auswählen
- U.U. Formatvorlage bearbeiten: rechte Maustaste in Vorlage klicken, Vorlage bearbeiten, Zum Beenden rechte Maustaste in Vorlage klicken, Blatt bearbeiten
- Fenster nebeneinander anordnen
- Teil aus dem Feature-Baum auf das Zeichenblatt ziehen durch Drücken und Halten der linken Maustaste : 3 Standard-Ansichten werden erzeugt.

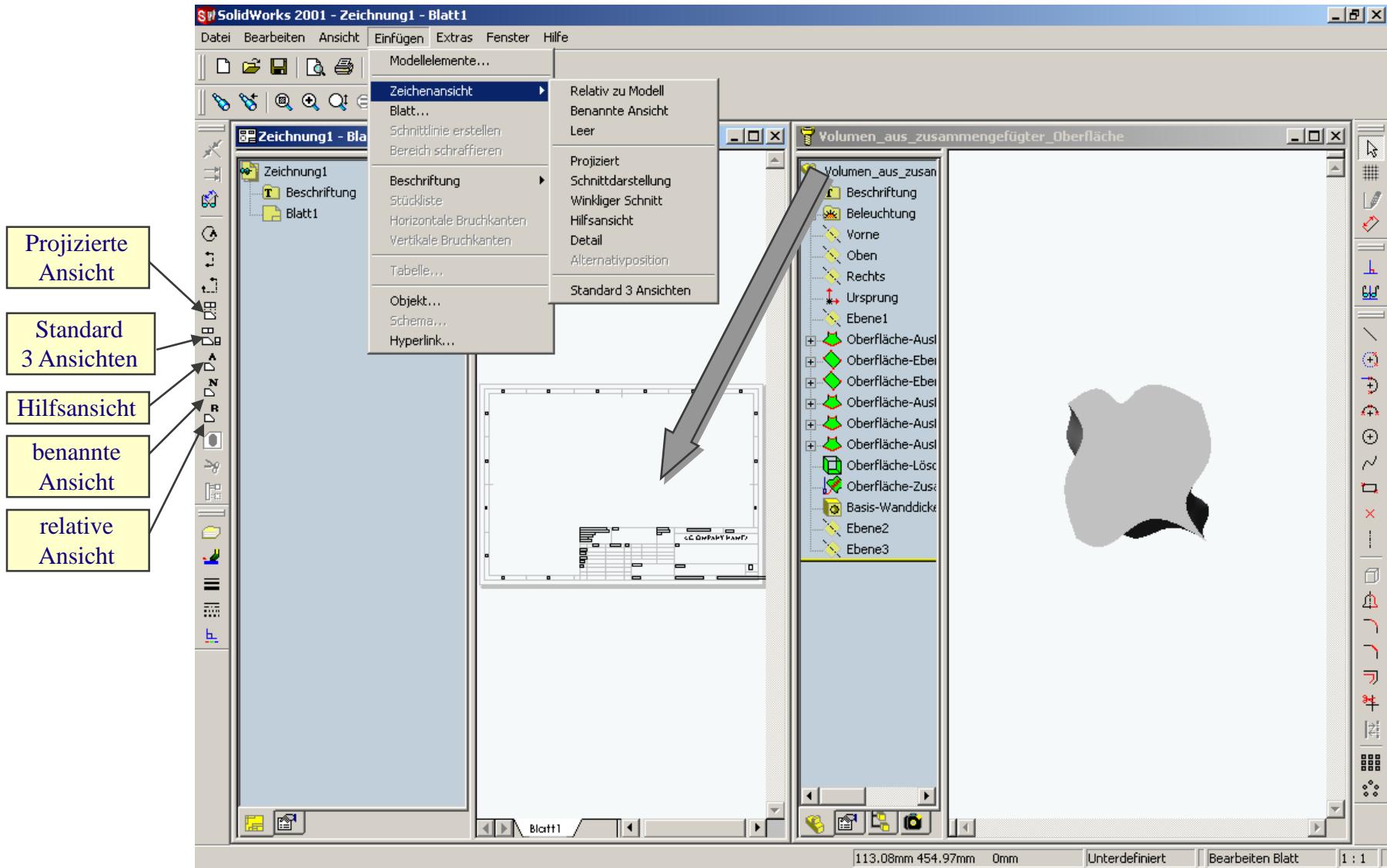
oder z.B. :

- Fenster nebeneinander anordnen, das Teil in die gewünschte Ansicht drehen
- In die Zeichnung gehen, Einfügen, Zeichenansicht, Benannte Ansicht anwählen
- In das Teilfenster klicken, aktuelle Ansicht im Auswahlmenü wählen
- Im Zeichnungsfenster die Position der Ansicht digitalisieren

Ableiten einer Zeichnung: 3 Standard-Ansichten

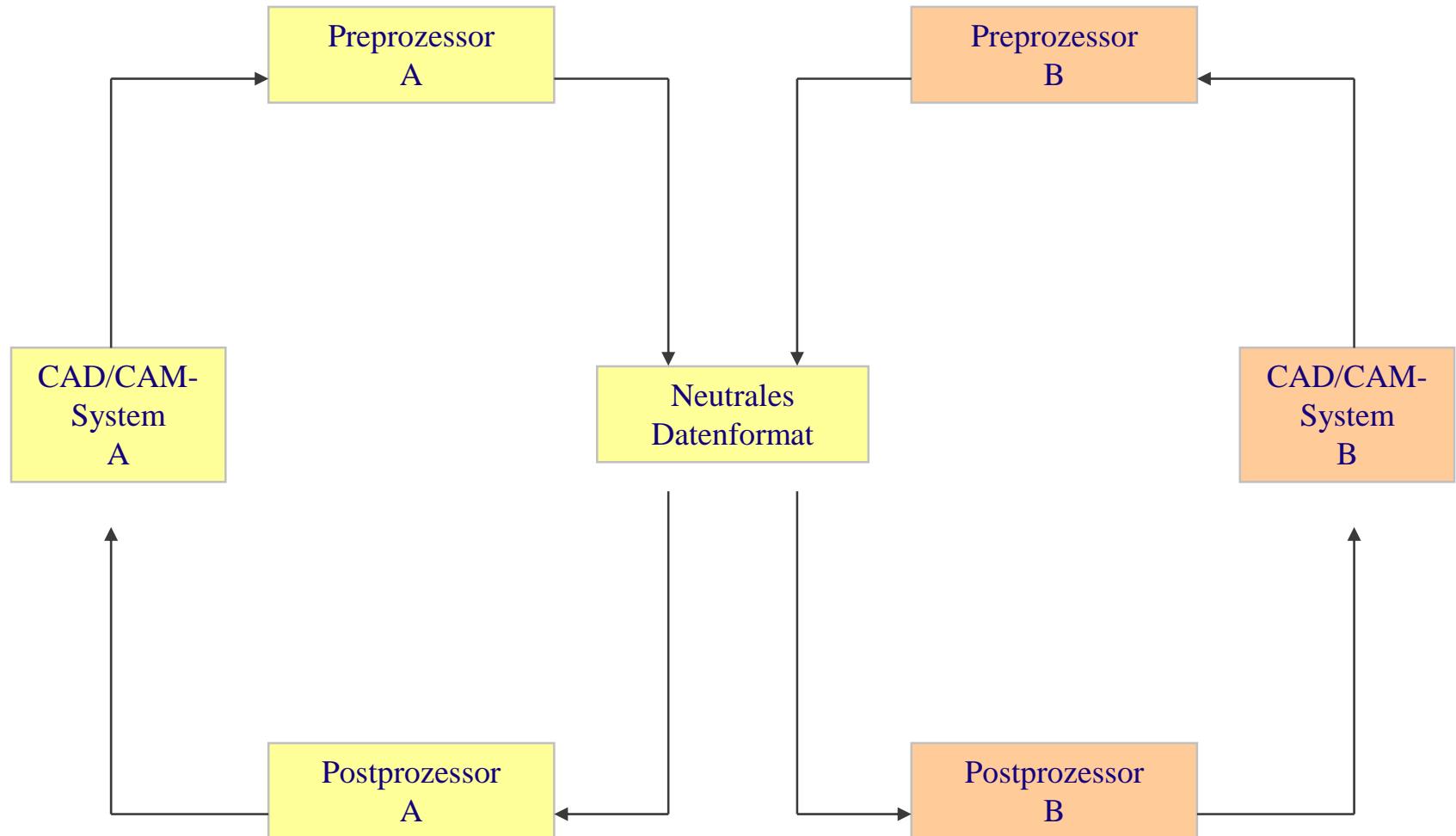


Feature im Bereich Zeichenansicht



Dateischnittstellen, Import und Export

Daten-Austausch zwischen CAD-Systemen über eine Dateischnittstelle



/ Dateischnittstellen

Datenaustauschformate

ACIS:

Eigentlich ist ACIS ein Geometriekern, der ein Non-Manifold B-Rep Modell mit der Beschreibung komplexer Freiformflächen basierend auf der NURBS- Darstellung realisiert. Das ACIS-Datenmodell kann um Attribute erweitert werden. Attribute können beliebig komplexe Objekte sein.

DXF: Drafting Exchange Format

ASCII-Austauschformat des CAD-Systems AutoCAD von Autodesk. Konvertierung von 2D- und 3D-Geometrien sowie Zeichnungselementen (Bemaßung, Texte, Ansichten...)

IGES: Initial Graphics Exchange Specification

IGES dient zur Übertragung von Produktinformationen, die entweder in Form von Zeichnungen oder auch in Form strukturierter, geometrischer Modelle vorliegen können. Mögliche geometrische Modelle sind Kanten-, Flächen- und Volumenmodelle (als Verknüpfungsmodelle, CSG, oder als topologisch, geometrische Modelle, B-Rep, sowie Finite-Element-Netze). Die Beschreibung der Flächen erfolgt analytisch oder approximativ durch Freiformflächen 3. Grades.

STEP: Standard for the Exchange of Product Model Data

Internationale Norm, die ein Produktmodellschema mit Übertragungs- und Archivierungsformaten definiert, das alle im Produktlebenszyklus enthaltenen Informationen beinhaltet. Das integrierte Produkt-modell von STEP basiert auf Partialmodellen, die für bestimmte Teilaufgaben konzipiert wurden.

STL: Stereolithographie Language

Schnittstellenformat für den Austausch von Geometriedaten zwischen CAD-Systemen und Rapid- Prototyping-Maschinen. Grundlage für den Austausch ist das Triangulationsverfahren, bei dem die Kontur durch Dreiecke angenähert wird.

VDA-FS: Verband der deutschen Automobilhersteller - Flächenschnittstelle

VDA-FS beschränkt sich auf den Austausch reiner Gestaltdaten auf der Basis der topologischen Verknüpfung von Freiformflächen (bis 5. Grades).

Dateischnittstelle IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*)

IGES ist das erste standardisierte Format produktdefinierender Daten, das sich in der industriellen Anwendung durchgesetzt hat.

Grundsätzlich liegt der Schwerpunkt auf der Übertragung von Konstruktionsdaten z.B.:

- 2-dimensionale Linienmodelle
- 3-dimensionale Linienmodelle
- 3-dimensionale Flächenmodelle
- 3-dimensionale Volumenmodelle
- Darstellungsmodelle für technische Zeichnungen

Zusätzlich wurden weitere Daten integriert:

- Daten für FEM, Fabrikgestaltung, elektrotechnische / elektronische Anwendungen

Die produktbeschreibenden Daten werden platzsparend im Binärformat in einer ASCII-Datei abgelegt.

Schwachpunkte liegen im hohen Speicherbedarf, den teilweise instabilen Definitionsformen, z.B. bei Kreisen und Kegelschnitten, der starken Zeichnungsorientiertheit, der nicht immer ausreichenden DIN-Gerechtigkeit und der teilweise ungenauen Beschreibung von Elementen, was zu Fehlinterpretationen führen kann (Freiformflächen nur 3. Grades).

Ein weiterer Schwachpunkt ist, dass keine Aufteilung des Funktionsumfanges in abgeschlossene Unterbereiche möglich ist, weshalb bei Benötigung von nur einer Funktionalität stets der volle Funktionsumfang implementiert werden muss.

Quelle: Spur/Krause, Das virtuelle Produkt, Hanser Verlag

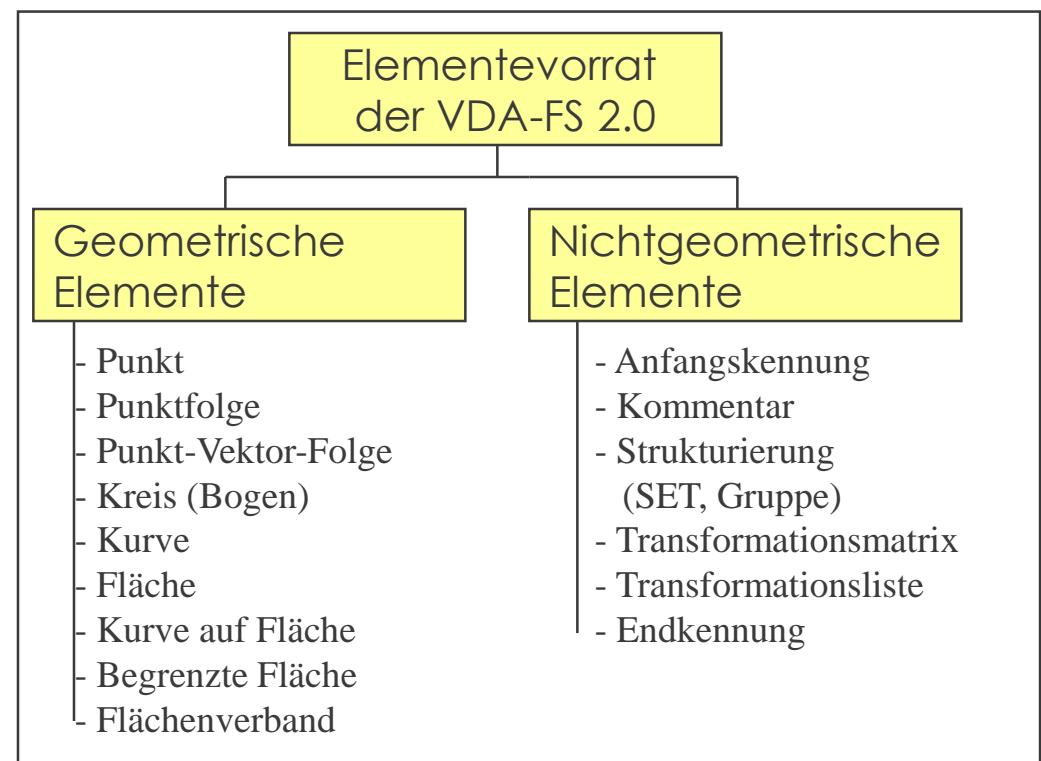
VDA-FS

Die VDA-FS-Schnittstelle ist seit 1988 ein Standard des Deutschen Instituts für Normung (DIN) und ist in der DIN 66301 definiert. Sie wird nur zur Beschreibung von geometrischen Daten, insbesondere von Freiformflächen, eingesetzt.

Bei der VDA-FS-Datei handelt es sich um eine sequentielle ASCII-Datei mit einer festen Datensatzlänge von 80 Zeichen. Sie setzt sich aus Elementen zur Kennzeichnung von Dateianfang, Datenende, Strukturierung und Kommentar sowie u.a. den folgenden grundlegenden Geometrieelementen zusammen:

- Punktfolge
- Punkt-Vektor-Folge
- Kurve (stückweise stetige Polynome n-ten Grades)
- Fläche (in Polynomdarstellung n-ten Grades)

Gesamter Elementevorrat von VDA-FS 2.0:



Quelle: Spur/Krause, Das virtuelle Produkt,
Hanser Verlag

STEP (*Standard for the Exchange of Product Model Data*)

Am Beispiel der Prozeßketten in der Automobilindustrie wird deutlich, daß der Austausch von Geometriedaten, z.B. durch IGES oder VDA-FS, nicht mehr ausreicht. Die ISO 10303, "Standard for the Exchange of Product Model Data" kurz STEP, ist seit 1994 eine internationale Norm zur neutralen Beschreibung von Produktdaten. Es soll hiermit ein weltweit einheitliches Referenzmodell genormt werden, mit dem der Austausch, die Speicherung und Archivierung sowie die Verarbeitung sämtlicher Produktdaten über den gesamten Produktlebenszyklus möglich ist. Anwendungen dieses Modells sind nicht beschränkt, so daß ein interdisziplinäres Modell entsteht. Die Beschreibung des Datenformates eignet sich als Basis der Definition eines neutralen Fileformates, des Entwurfes einer Produktdatenbank und der Konzipierung einer prozeduralen Schnittstelle.

Neben der Normung produktbezogener Informationen werden mit der ISO10303 auch die Beschreibungssprache EXPRESS zur Informationsmodellierung, Mechanismen zum Austausch und Zugriff auf Produktinformationen sowie Methoden zum Konformitätstest definiert. STEP kann als Baukasten aufgefaßt werden, mit dem anwendungsorientierte Produktinformationsmodelle unter Verwendung von Grundbausteinen, den sogenannten integrierten Ressourcen, nach definierten Regeln und genormten Methoden beschrieben werden.

Quelle: Spur/Krause, Das virtuelle Produkt, Hanser Verlag

Vergleich VDA-FS <==> STEP

Rechnerinterpretierbare * Produktdaten	IGES 5.1	STEP AP 214
Geometrie und Topologie (2D, 3D)	✗	✗
Zeichnungen mit Bemaßung (Layout, Verweis auf 3D-Geometrie)	✗	✗
Produktkonfiguration (Produktversion, Stückliste)	—	✗
Produkteigenschaften (Material, Gewicht, Entsorgung)	—	✗
Oberflächeneigenschaften (Beschichtung, Rauheit, Härte)	—	✗
Toleranzen (Form, Lage, Maß, Passung)	—	✗
Externe Referenzen (Native-Formate, Pflichtenheft, Hardware-Modelle)	—	✗
Finite-Elemente-Daten (Beanspruchung, FE-Netz, Ergebnisse)	—	✗
Kinematik (Gelenkinformationen, Verfahrstrecken)	—	✗
Formelemente (Tasche, Nut)	—	✗
Arbeitsplan (Werkzeuge, Prüfhinweise)	—	✗

* Rechnerinterpretierbar bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Daten vom empfangenden System weiterverarbeitet werden können, ohne dass hierzu eine manuelle Aufbereitung der Daten erforderlich ist.

Beispiel Toleranzdaten:

Mit IGES lassen sich zwar Zeichnungen übertragen, die Toleranzinformationen enthalten, die Programmierung einer

Messmaschine zur Kontrolle dieser Toleranzen kann aber nur vom Bediener anhand der Zeichnungsdaten erfolgen. Dagegen

können Toleranzinformationen z.B. mit dem STEP- Application Protocol 214 rechnerinterpretierbar übertragen und von einem Programmiersystem direkt verarbeitet werden.

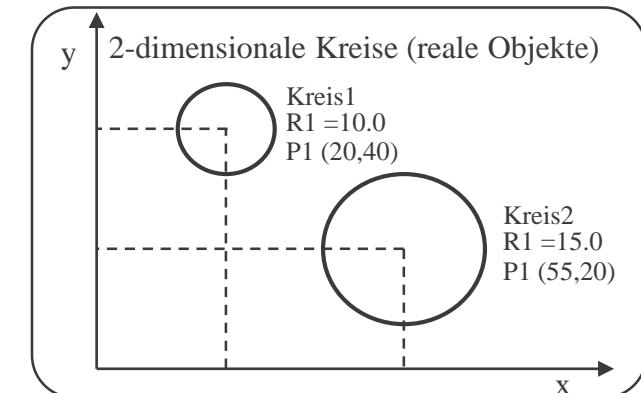
Quelle: ProSTEP GmbH

STEP: Beschreibungsmethoden (*Description Methods*)

Zur konsistenten, widerspruchsfreien und semantisch eindeutigen Beschreibung des Produktmodells von STEP wurde die formale Beschreibungssprache EXPRESS und deren graphische Repräsentation EXPRESS-G definiert. EXPRESS ist Bestandteil von STEP und unter der Nummer ISO 10303-11 veröffentlicht. EXPRESS ist eine Spezifikationssprache (keine Programmiersprache) zur logischen Beschreibung von Informationsmodellen. EXPRESS hat sowohl objektorientierte Eigenschaften als auch solche, die durch die Entity-Relationship-Methode definiert sind. Es ermöglicht die formale, eindeutige und vollständige Beschreibung des (statischen) Produktmodells, d.h., in EXPRESS sind die Integrated Resources und Application Protocols beschrieben. EXPRESS eignet sich aber auch zur Informationsmodellierung außerhalb des Gültigkeitsbereichs von STEP. Beispiel: EXPRESS- Beschreibung von Kreisen:

```
SCHEMA example_schema; Klassen-  
  ENTITY point;           beschreibung  
    x: REAL;                (EXPRESS)  
    y: REAL;  
    z: OPTIONAL REAL;  
  END_ENTITY;  
  ENTITY circle;  
    center_point: point;  
    radius:      REAL;  
    DERIVE  
      area: REAL:=Pi * radius *2;  
    END_ENTITY;  
  END_SCHEMA;
```

Abbildung auf
eine sequentielle Datei
(Part 21)



```
ISO-10303-21;  
HEADER;  
FILE_SCHEMA (('example_schema'));  
ENDSEC;  
DATA  
$1 = POINT(20.0,40.0,$);  
$2 = POINT(55.0,20.0,$);  
$11 = CIRCLE($1, 10.0);  
$12 = CIRCLE($2, 15.0);  
ENDSEC;  
END-ISO-10303-21;
```

Quelle: ProSTEP GmbH

STEP: Anwendungsprotokoll AP214

Das Application Protocol 214 (Core Data for Automotive Mechanical Design Processes) erlaubt die Beschreibung von Modelldaten für mechanische Teile und Baugruppen in der Automobilentwicklung. Vorhandene Datenklassen sind:

- Produktstruktur (organisatorische Daten, Baugruppenstruktur, Stücklistendaten),
- Geometrie und Topologie (Kanten-, Flächen-, Volumenmodelle),
- Darstellung von Geometrie (Farbe, Linienstärke, schattierte Darstellungen),
- Toleranzen,
- Bauteil- und Baugruppenbeschreibungen in Form von Zeichnungen,
- Kinematik,
- Materialangaben,
- Oberflächeneigenschaften.

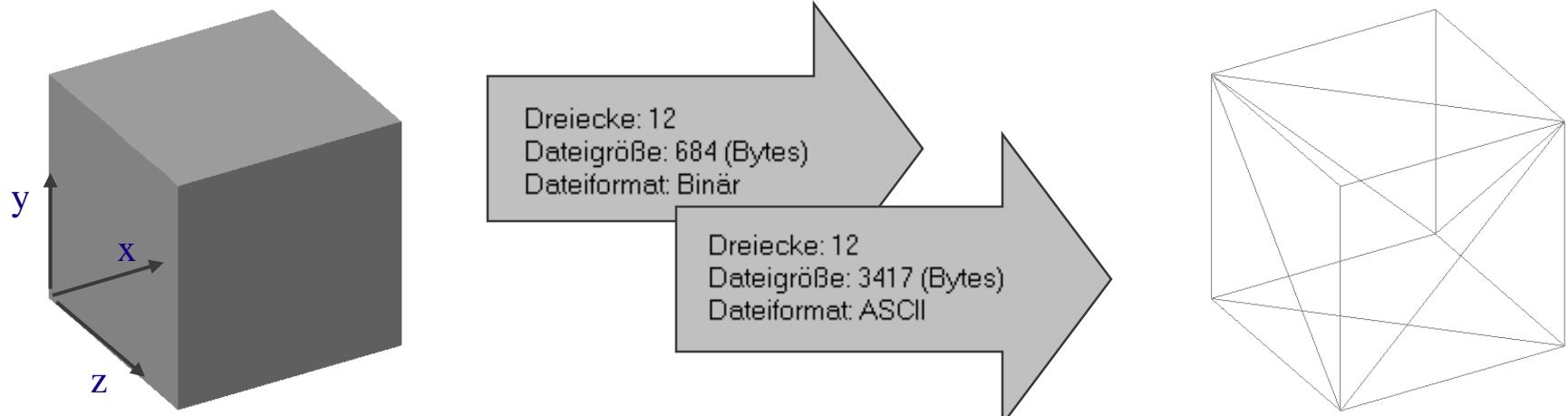
Da alle relevanten Daten für die Entwurfs- und Konstruktionsprozesse beschrieben werden, können sich sowohl für die Hersteller als auch die Zulieferer strategische Vorteile ergeben. Diese Vorteile, die sich auf nahezu alle STEP-Anwendungen übertragen lassen, bestehen unter anderem in:

- Systemunabhängigkeit, Datendurchgängigkeit über den gesamten Produktlebenszyklus,
- redundanzfreie Produktdatenbeschreibung,
- höhere Qualität der Produktdaten durch formale Beschreibung nach genormter Methodik,
- qualitativ besserer Produktdatenaustausch
- Möglichkeiten der Langzeitarchivierung.

Quelle: ProSTEP GmbH

STL (*Stereolithographie Language oder Surface Triangulation Language*)

Die STL- Schnittstelle ist seit 1989 ein Quasi- Standard für den Datenaustausch im Bereich Rapid Prototyping. Die Modelle werden durch Dreiecke und deren Flächennormalen beschrieben (Facetted-Modell). Beispiel: Umwandlung eines Würfels durch Export aus SolidWorks:



Ausschnitt aus der ASCII-Datei:

```
solid Part1
facet normal -1.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
  outer loop
    vertex 0.000000e+000 1.000000e+002 1.000000e+002
    vertex 0.000000e+000 1.000000e+002 0.000000e+000
    vertex 0.000000e+000 0.000000e+000 1.000000e+002
  endloop
endfacet
facet normal -1.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
  outer loop
    vertex 0.000000e+000 0.000000e+000 1.000000e+002
    vertex 0.000000e+000 1.000000e+002 0.000000e+000
    vertex 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000
  endloop
endfacet
.....
endsolid
```

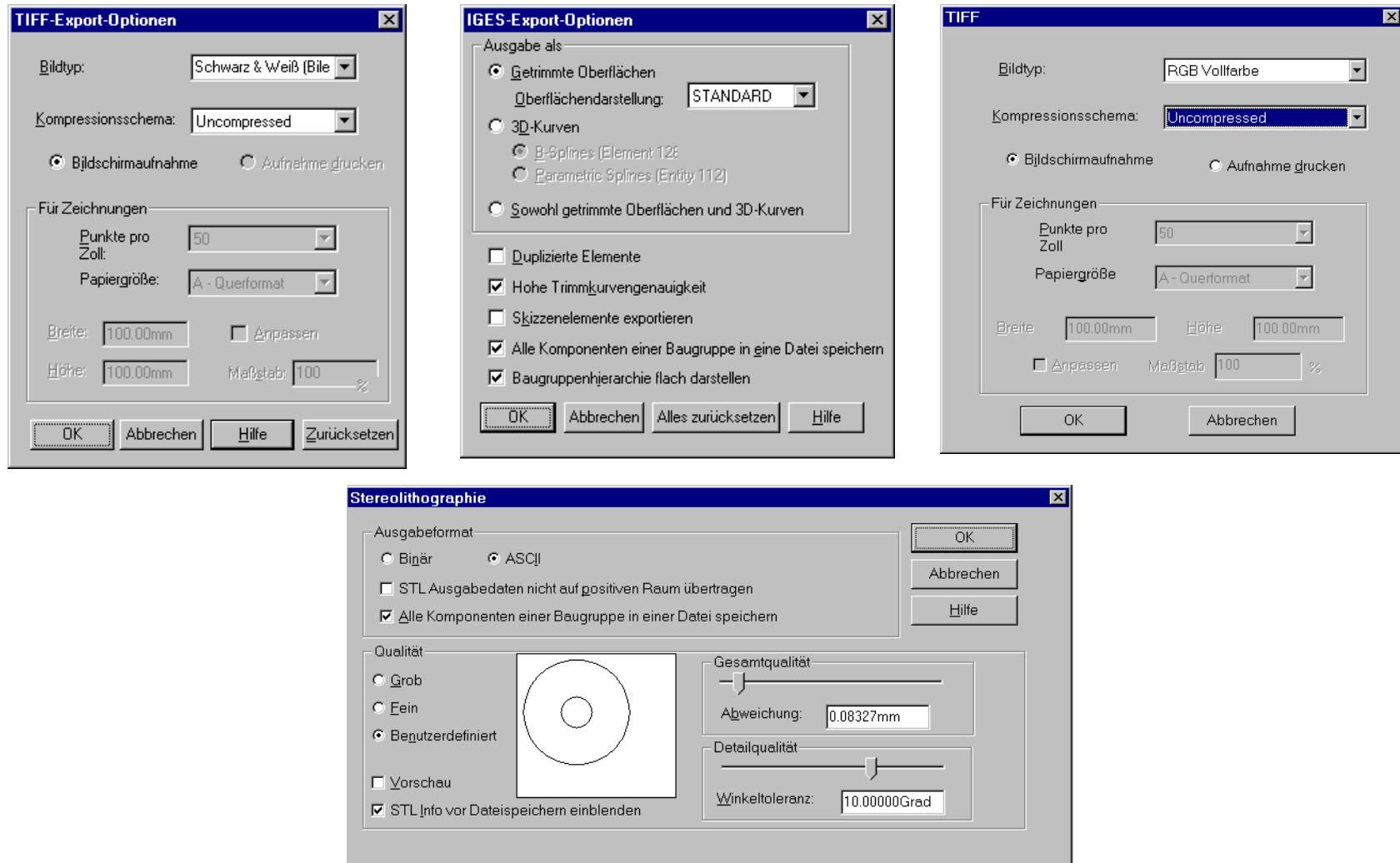
Import- und Exportformate in SolidWorks

	Teile		Baugruppen		Zeichnungen	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export
IGES	√	√	√	√		
Parasolid	√	√	√	√		
STEP	√	√	√	√		
ACIS	√	√	√	√		
VDAFS	√	√				
STL		√			√	
DXF/ DWG	√				√	√
VRML	√	√	√	√		
TIFF	*	√	*	√		√

/ Dateischnittstellen

Exportoptionen in SolidWorks

Aufruf über: *Datei, Speichern, Typ wählen, Optionen*

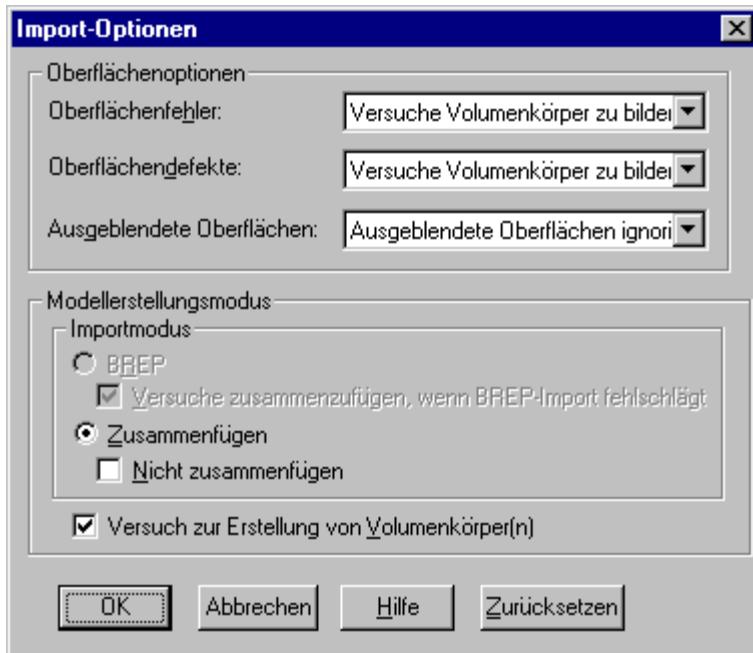


/ Dateischnittstellen

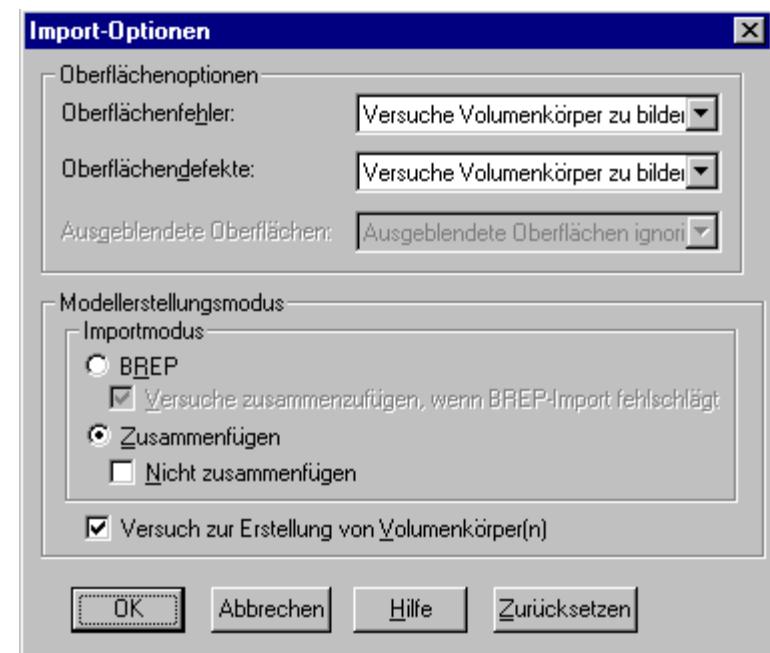
Importoptionen in SolidWorks

Aufruf über: *Datei, Öffnen, Typ wählen, Optionen*

Für IGES und VDA-FS:



Für STEP und ACIS:



Feature Recognition: FeatureWorks, Merkmale und Aufruf

- FeatureWorks ist eine SolidWorks DLL- Zusatzanwendung (Dynamic Link Library)
- Folgende Features werden erkannt:
 - Linear-Austragung-Features (Skizzengeometrie nur Linie, Kreis und Kreisbogen)
 - Rotations-Features mit konischer oder zylindrischer Form (wird Linear-Austragen-Feature und Fase)
 - Fasen auf linearen Kanten
 - Konstante Radiusverrundungen auf linearen und kreisförmigen Kanten
- Featureerkennung von Importkörpern folgender Formate:
 - IGES, STEP, Parasolid, SAT und VDA-FS
- Erkannte Features sind voll editierbar
- Features können automatisch und interaktiv erkannt werden
- Starten der Zusatzanwendung:
Extras, Zusatzanwendungen, FeatureWorks mit einem Haken versehen
- Arbeitsablauf:
 - Teil importieren über “Datei, Öffnen, z.B. *.igs“ (“ImportiertXX“ muß im Feature-Baum als einziges Feature stehen)
 - Das “ImportiertXX“-Feature auswählen
 - Aufruf des Befehl “FeatureWorks, Feature-Erkennung“



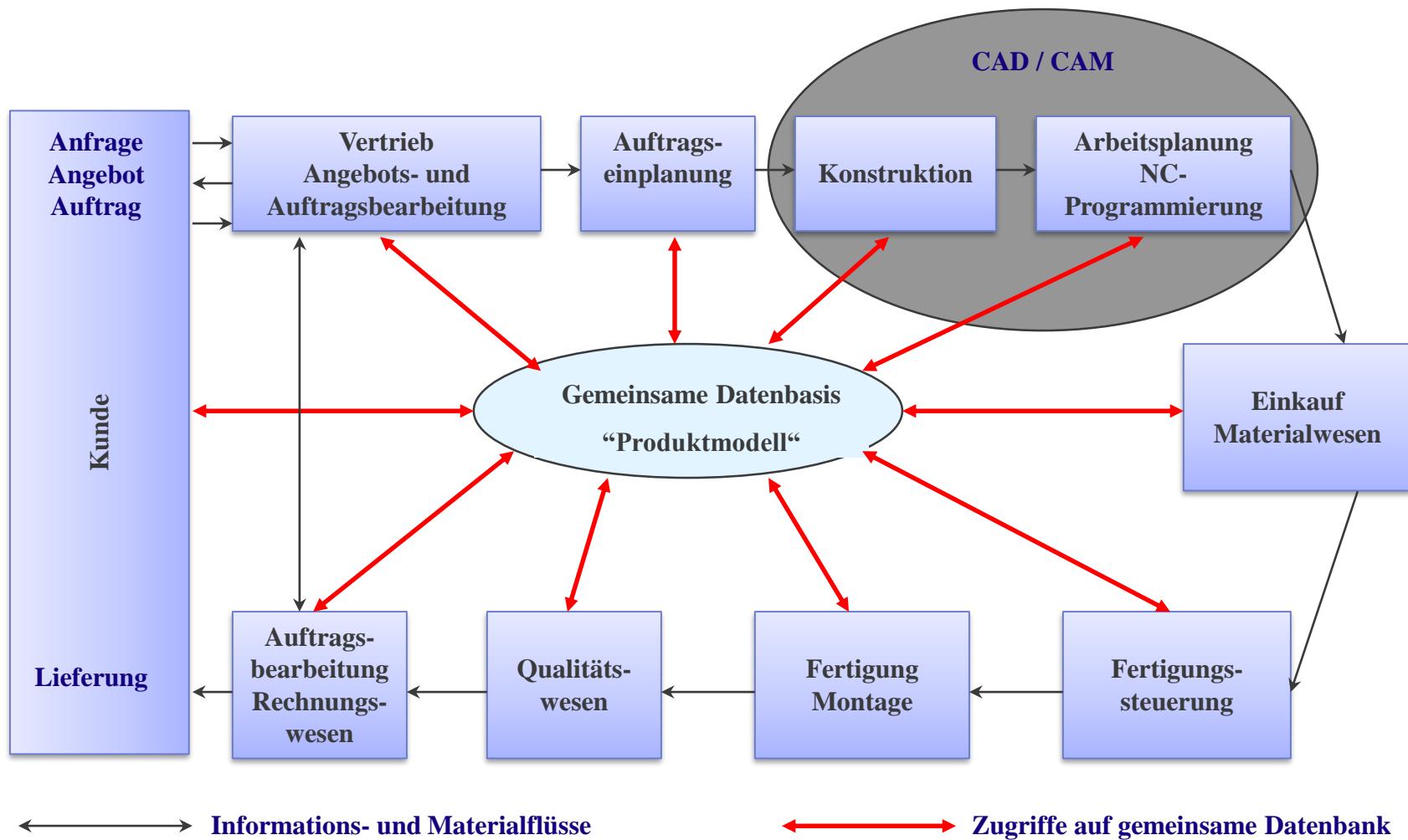
/ Dateischnittstellen

- Einleitung
- Produktentwicklung – Engineering IT-Systeme
- **PDM / PLM Grundlagen**
 - Keytech PLM
- CAD – Systeme
 - Parametrik / Featuretechnologie
 - Datenstrukturen
- CAD – CAx
- Abgrenzung PLM / ERP
- CAx
- Beispiele für Engineering IT-Projekte „im Automotive“
 - CRM (Customer Relationship Management)
 - Web-Portal für Konfigurator

PDM-Systeme: Grundlagen

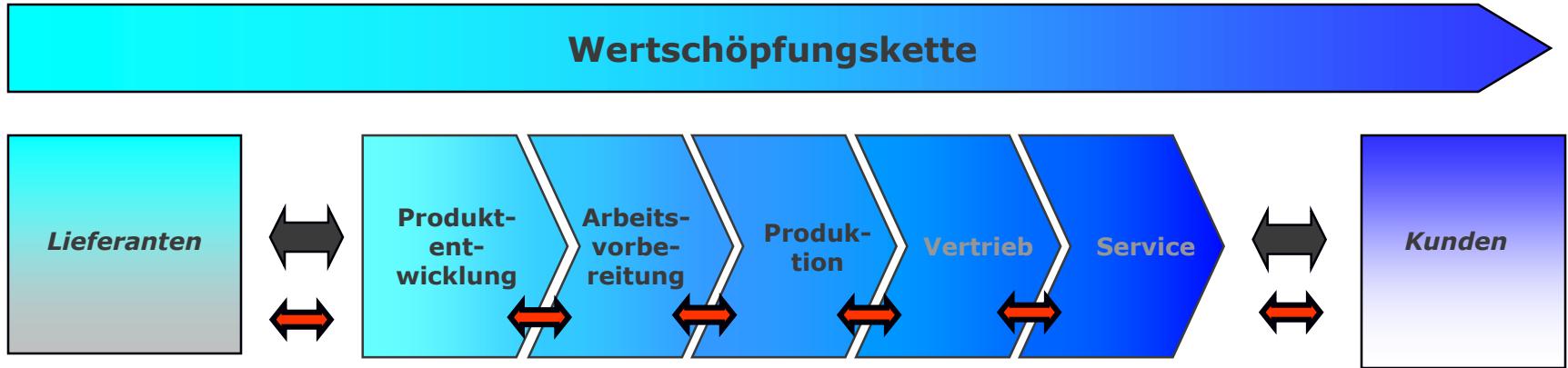


Heutiges Ziel: Integrierte Datenverarbeitung mit gemeinsamer Datenbasis



Quelle: Henning

Produkt Engineering



Berücksichtigung von „Gerechtheiten“:

Design to

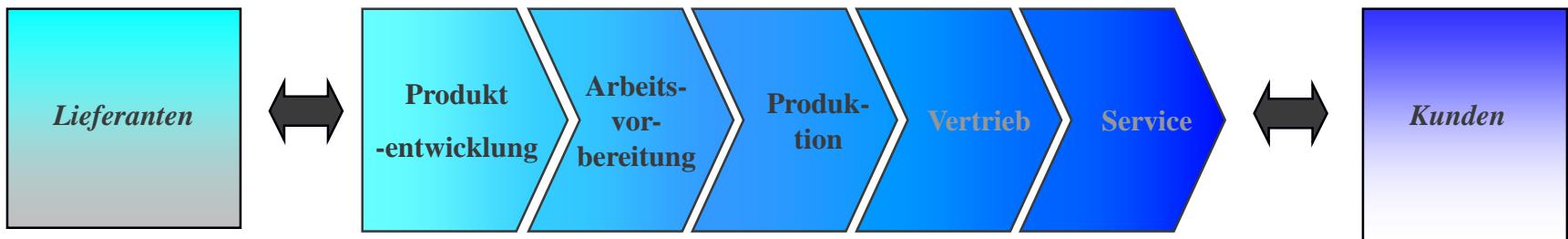


➔ Berücksichtigung von Wechselwirkungen und Anforderungen aller Teile der Wertschöpfungskette erforderlich (vorgelagerte und nachgelagerte Anteile beachten)!

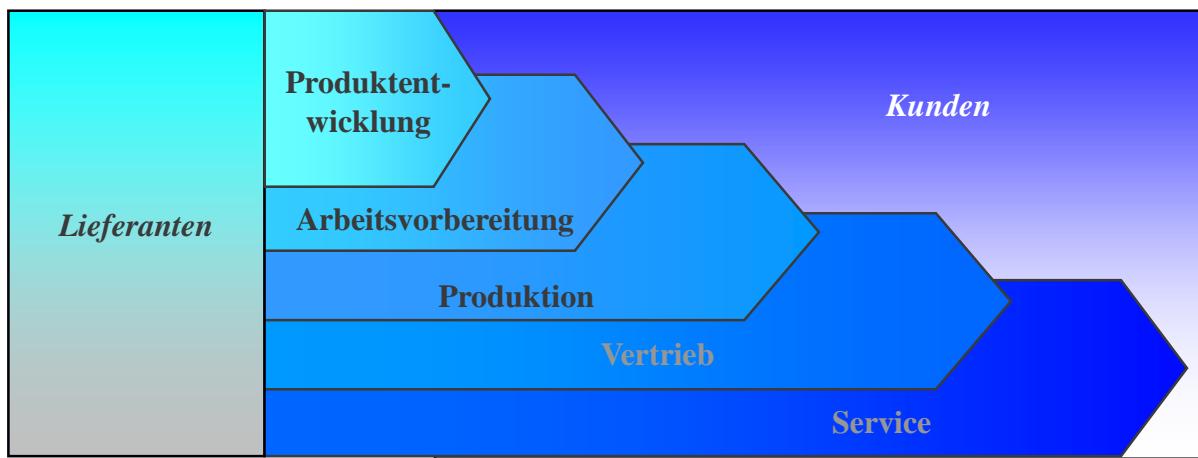
Produkt Engineering

Produkt Engineering = Prozessorientiertes Denken

Von sequentiell.....



...zu integral

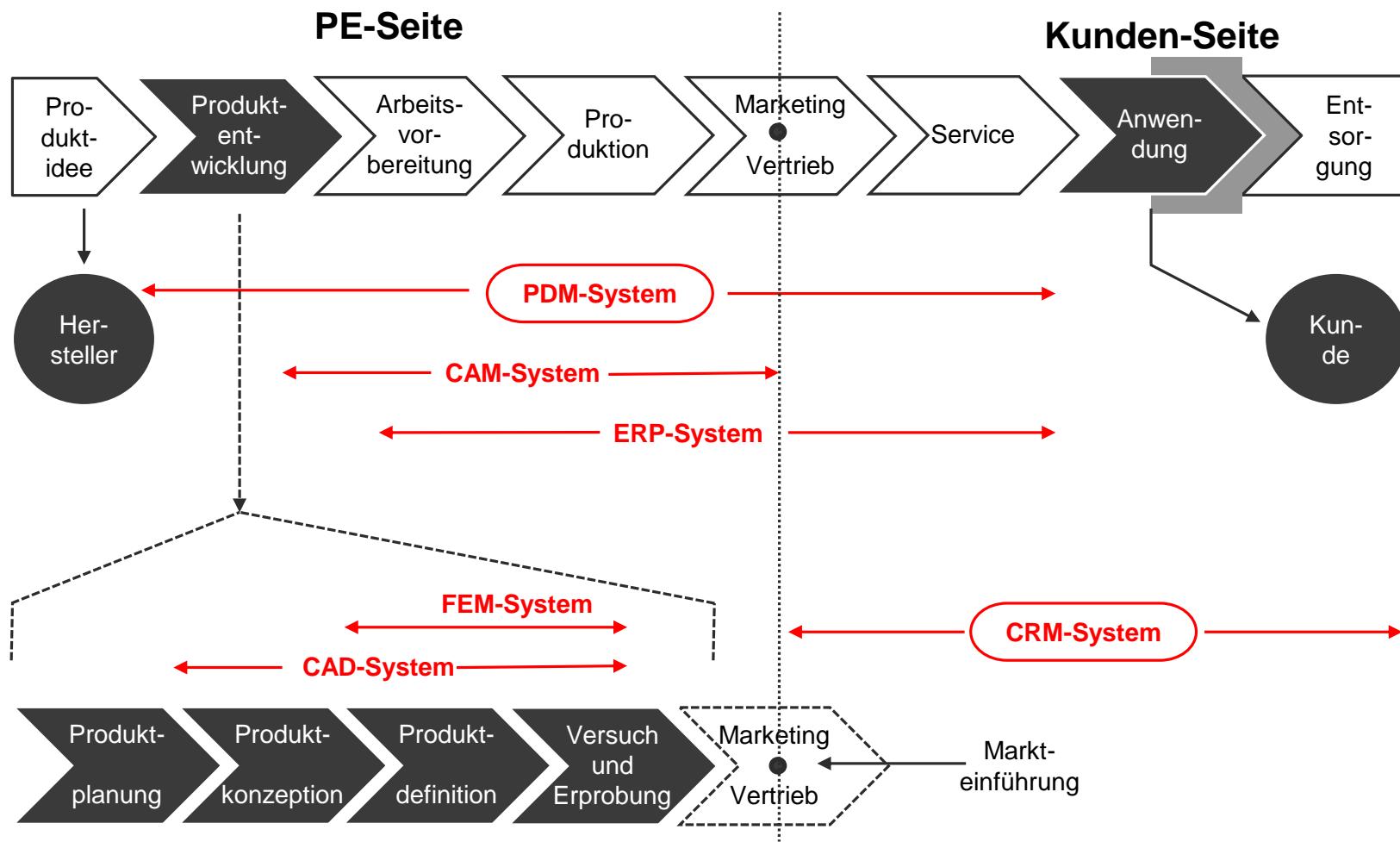


→ Grundidee „integrale Arbeitsweise“ ist nur durchführbar wenn:

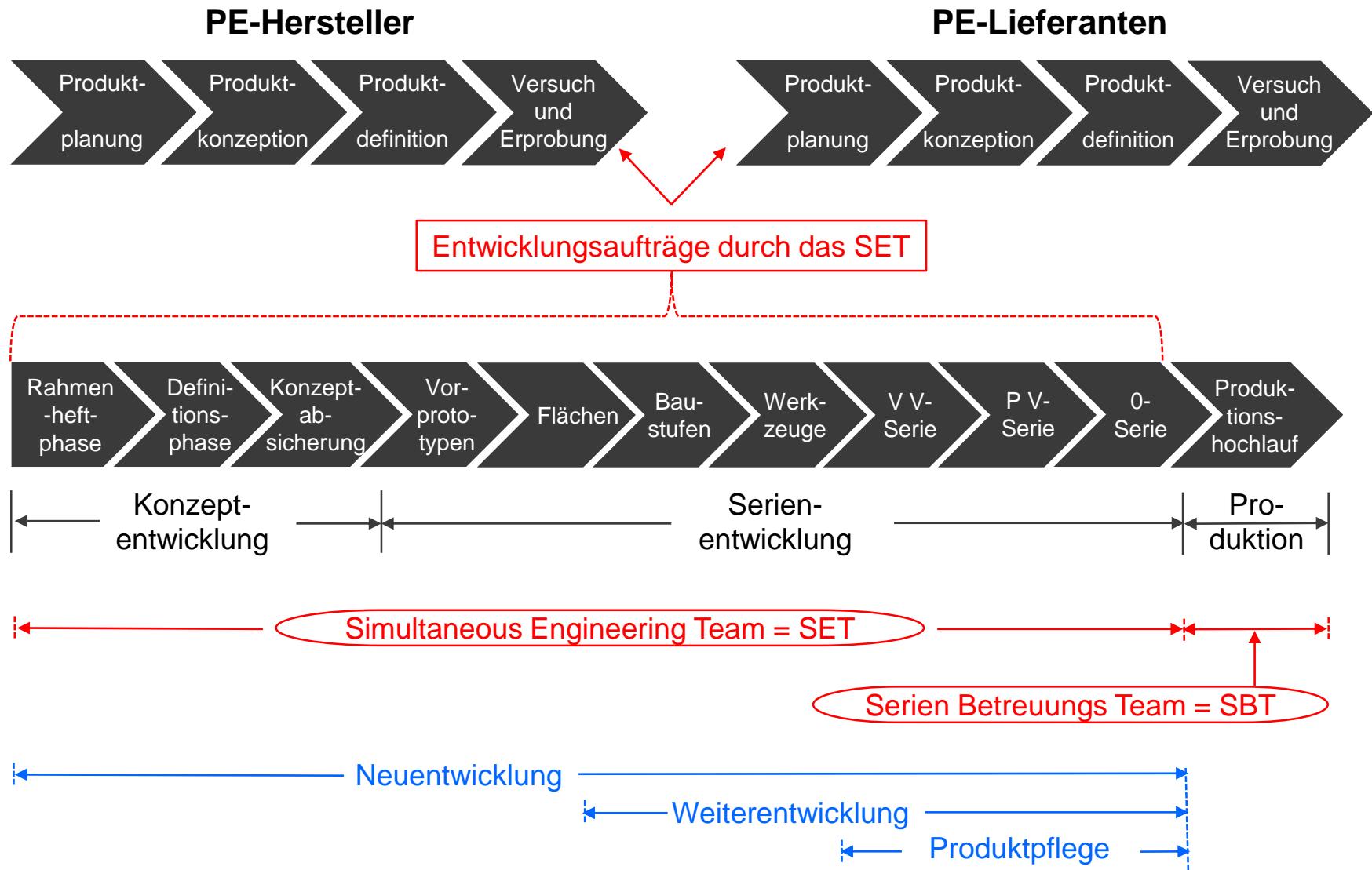
- Kooperation
- Rückgriff auf einheitliche Datenbasis
- Design to X

Der Produktentwicklungsprozess

Wertschöpfungskette

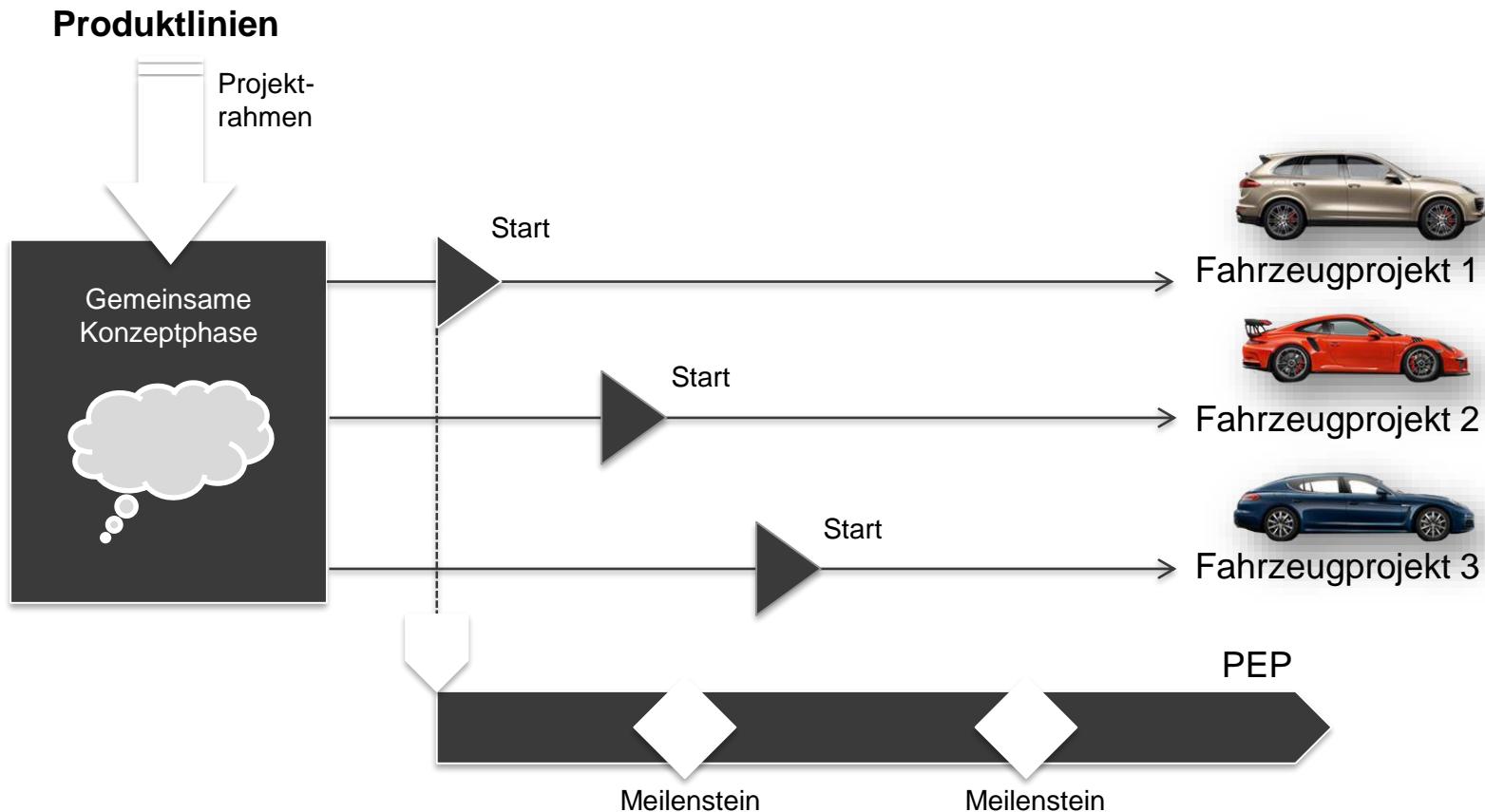


Der Produktentwicklungsprozess



Der Produktentwicklungsprozess

In der Regel werden mehrere Fahrzeugprojekte gleichzeitig bearbeitet. Es müssen also Anforderungen und Informationen zwischen mehreren SETs ausgetauscht werden.



Vernetzte Produktentwicklung

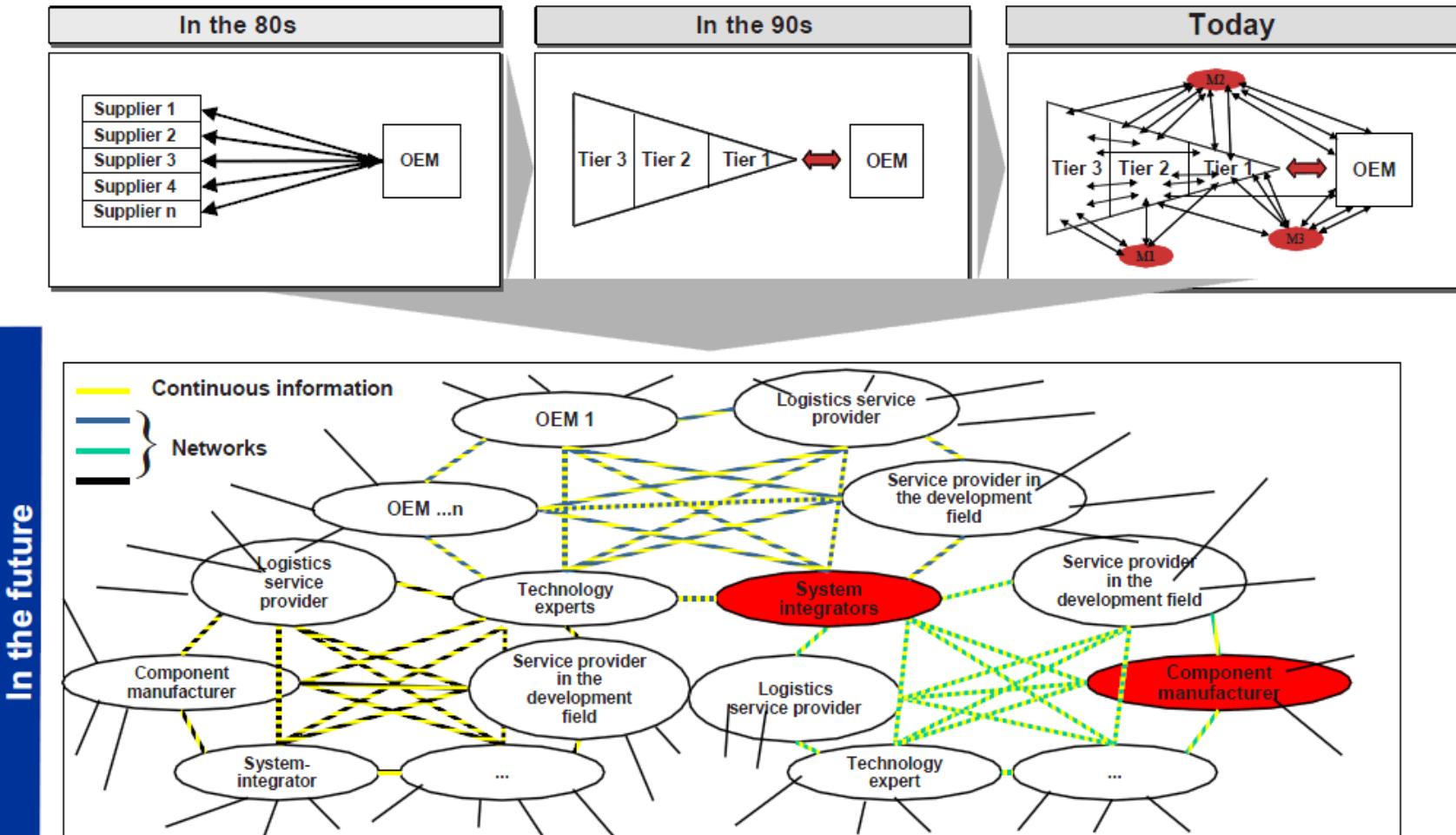


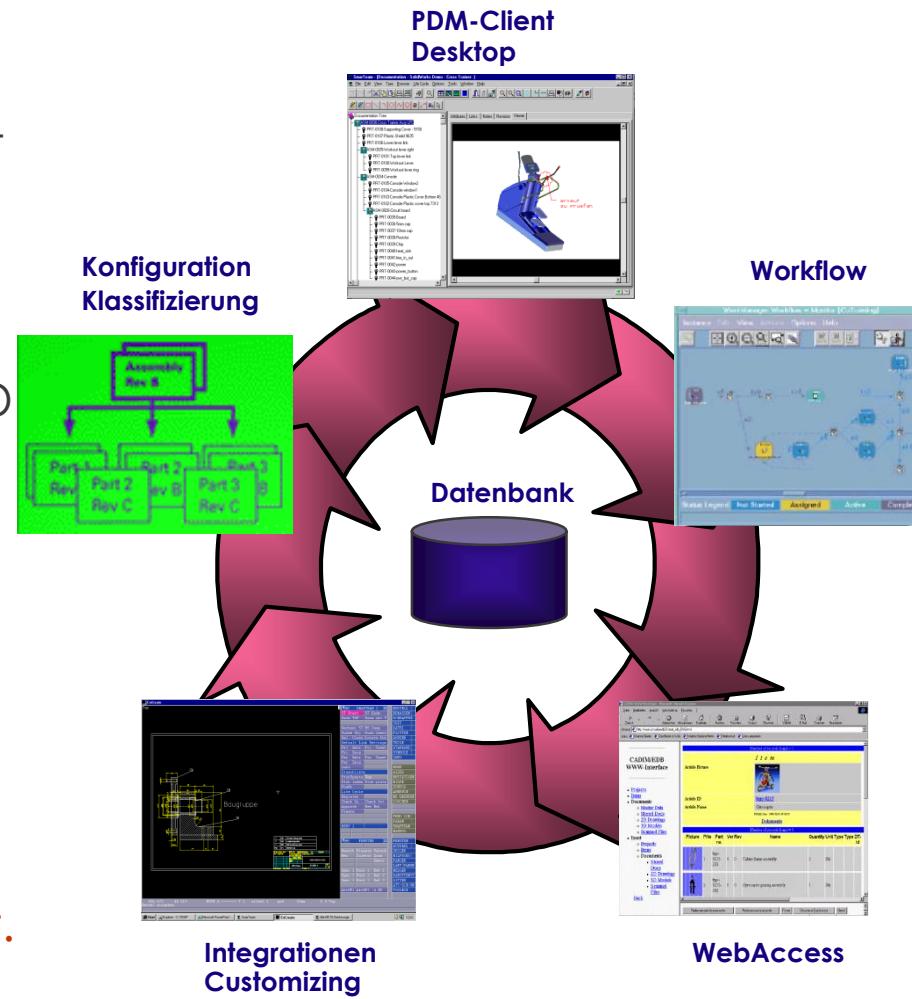
Abb. 2–7 Vernetzte Arbeitssituation im PEP (Quelle: Dr. Göschel, BMW Group)

Begriffe

- PDM: Produktdatenmanagement oder Product Data Management
- PLM: Product Lifecycle Management
- EDM: Engineering Data Management
- EDB: Engineering Database
- RDB: Relationale Datenbank
- RDBMS: Relational Database Management System
- PPS: Produktionsplanung und -Steuerung
- ERP: Enterprise Resource Planning
- STEP: Standard for Exchange of Product Model Data
- SCM: Supply Chain Management
- CRM: Customer Relationship Management
- DMU: Digital Mockup
- VR: Virtual Reality
- RP: Rapid Prototyping

PDM-Module

- Dokumentenmanagement
- Part-, Assembly-Management
- Konfiguration Klassifikation
- Integrationen / CAD-2D/3D
- Workflow
- Web User Interface
- Offene Systeme (UX/NT)
- PlotManagement
- Supply Chain Management
- Customer Relationship Mgt.



Plattformen / Betriebssysteme:

- UNIX-Workstations
- Terminals
- PC

- MS-Windows
- UNIX
- DOS
- Novell

PDM: Offene Systeme

Offene Systeme sind dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Systeme auf unterschiedlichen Plattformen nahtlos über gemeinsame Schnittstellen zusammenarbeiten.

Architektur von PDM-Systemen

PDM-Systeme bestehen im Wesentlichen aus den beiden Komponenten:

- **Datenmanagement:**

- Erfassung,

- Verwaltung und

- Archivierung von Daten

- **Prozessmanagement:**

- Workflow-Management

- Verwaltung von Arbeitsprotokollen

Datenmanagement



Datenmanagement

Als Datenmanagement werden die Funktionalitäten eines PDM-Systems bezeichnet, die für die Strukturierung und Verwaltung der gespeicherten Informationen zuständig sind.

Dazu gehören:

Sicherheit von sensiblen Produktdaten

Zugriffsschutzsystem, Zugangskontrollen

Mehrstufige Privilegien, Benutzer und Gruppen

Daten archivieren, alle Dateien verwalten,

Anwender-Funktionen über komfortable Benutzeroberfläche anbieten

Verwaltung von unterschiedlichen Versionen

Verwalten von unterschiedlichen Varianten

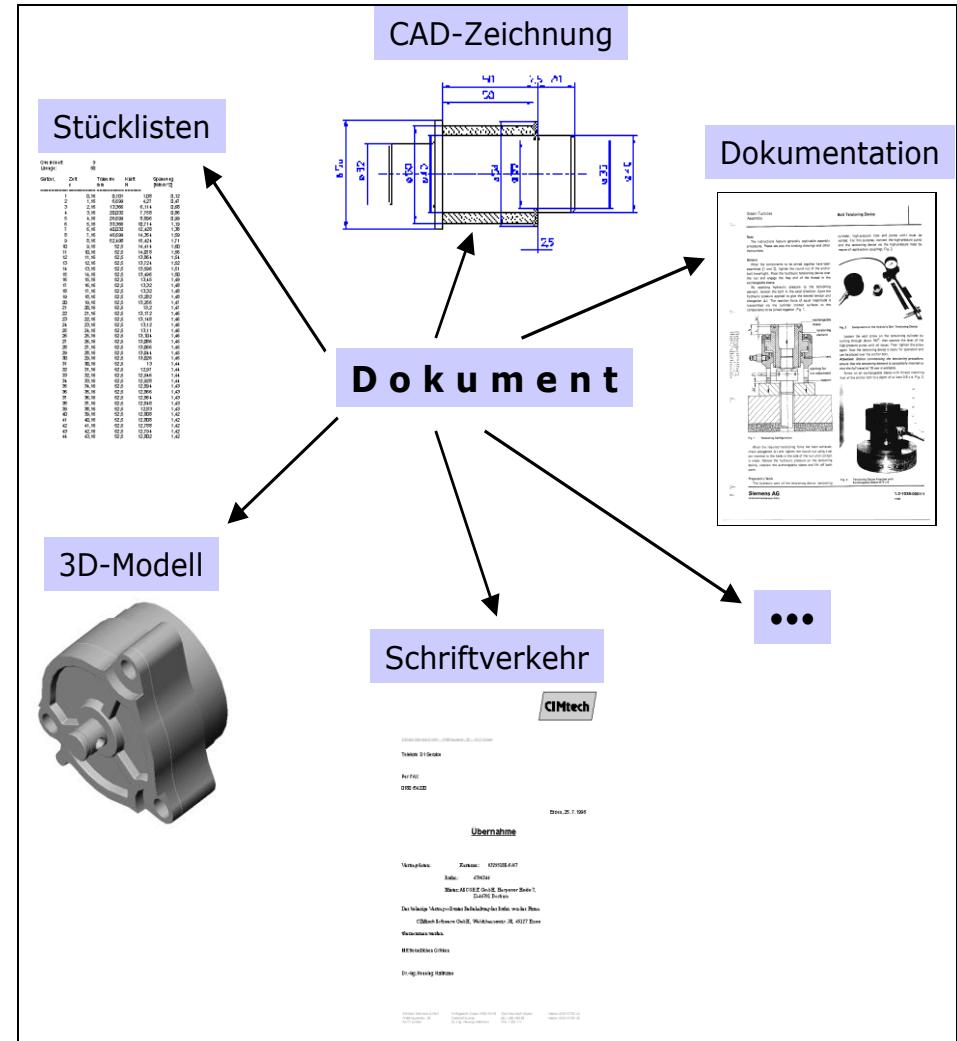
Verwendungsnachweise für Teile / Baugruppen

Verwaltung der Beziehungen zwischen Elementen. Z.B. Zeichnung <-> Stückliste

Begriff: Dokument

Als „Dokumente“ werden bezeichnet:

- 3D-CAD-Modelle
- CAD-Zeichnungen
- Arbeits- und Prüfpläne etc.
- Textdateien für Schriftverkehr
- Komplexe Textdateien (z.B. Handbücher)
- . . .



Alle zu berücksichtigenden Dateien

Daten / Informationen

- Ziel: „Verwaltung aller Informationen zu einem Produkt im Rechner“
- Voraussetzung: Vollständiges Produktmodell
- Produktmodell:
 - enthält alle Informationen zur eindeutigen Beschreibung eines Produktes
 - Informationen darüber, wie aus diesen Daten weitere Informationen ermittelt werden können.
- Beispiel: Stücklisten, NC-Programme:
 - Zu bestimmten Zeiten müssen Prozesse gestartet werden, um abgeleitete Informationen zu ermitteln.
- Explizite Informationen: Inf., die direkt im Modell vorhanden sind, wie z.B. geometrische Informationen
- Implizite Informationen: Inf. können mit Hilfe von expliziten Inf. ermittelt werden.

Name: Item_001

Benennung: „Flansch“

Ersteller: jku01

Normteil: 0

...

Name: Doc_0b5

Benennung: „Kolben“

Ersteller: hu

Datei:

C:\xxx\swp012301.sldprt

...

Name: BOM

Benennung: „Stückliste“

Ersteller: jku01

Datei: C:\xxx\bom

...

Virtuelles Produktmodell

Die Beschreibung eines einheitlichen Produktmodells ist zur Zeit noch relativ aufwendig, da es keine einheitlichen Verfahren zur Modellbeschreibung gibt. Abhilfe verspricht in diesem Zusammenhang die in der Entwicklung befindliche STEP-Schnittstelle. Ziel von STEP ist die Definition eines internationalen Standards für den Austausch von Produktdaten, der alle Informationen beschreibt, die während der Lebenszeit eines Produktes anfallen

Da dieser Standard heute jedoch erst ansatzweise vorhanden ist, sind für die Integration verschiedener beteiligter Systeme verschiedene Schnittstellen notwendig. Die daraus resultierende Anwendung von unterschiedlichen Konvertierungsprozessen führt in der Regel zu einem nicht unerheblichen Informationsverlust. Daneben muß auch mit zusätzlichem Aufwand für die Realisierung solcher Schnittstellen gerechnet werden.

STEP: Standard for Exchange of the Product Model Data

nach: ISO/IEC 10303 (Entwicklungsbeginn 1984, Automobilbau)

Ziel:

Das Ziel von STEP ist es, eine eindeutige Repräsentation von computerinterpretierbaren Produktinformationen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg zur Verfügung zu haben (Aufbau eines Produktdatenmodells).

Situation heute:

Mangel an ausreichenden Schnittstellen-Formaten macht teure manuelle Nachbesserung von übertragenen Daten notwendig (Zeitaufwand und Kosten) Resultierende Nachbesserungskosten in Deutschland betragen ca. 50 Millionen EUR/Jahr (nur in der Automobilindustrie); 110 verschiedene eingesetzte CAD-Systeme in der deutschen Automobilindustrie

Bedeutung von STEP:

- Unterstützung der Open-Systems-Architektur
- Systemneutrale Datenarchivierung (Langzeitarchivierung)
- Verbessertes Automations-Potential für Entwicklung und Produktionsprozesse
- Die Integration von CAD/CAM-Systemen überall in der Prozesskette ist die Voraussetzung für wirtschaftliche Produkte
- Der STEP-Standard ISO/IEC 10303 ist die Basis für die Integration von CAD/CAM-Systemen
- Verbesserung des Austausches produktdefinierter Daten zwischen verschiedenen Programmsystemen

Application Protocol AP214:

Mit dem AP214 Prozessor können, neben den CAD Volumen- und Flächenmodellen, auch beschreibende Produktdaten für mechanische Komponenten übertragen werden.

Quelle: <http://www.prostep.darmstadt.gmd.de/>

Ein Application Protocol besteht aus folgenden Teilen:

1. Funktionsmodell der Anwendungen (Application Activity Model, AAM), die durch das Produktdatenmodell unterstützt werden. Das AAM dient zur Abgrenzung des Gültigkeitsbereichs der Norm. Das AAM wird unter Verwendung der SADT-Methode definiert. Im AAM werden die Datenklassen identifiziert, die Eingang, Ausgang, Methode oder Steuergröße der untersuchten Funktionen sind.
2. Das Produktdatenmodell aus Anwendersicht (Application Reference Model, ARM) beschreibt die im AAM identifizierten Datenklassen unter Verwendung einer Beschreibungsmethode. Zunehmend wird dafür EXPRESS-G eingesetzt.
3. Der dritte Hauptteil (Application Interpreted Model, AIM) enthält die Beschreibung des anwendungsspezifischen Produktdatenmodells unter Verwendung der vordefinierten Bausteine aus den Integrated Resources. Dabei wird eine Abbildung (Mapping) zwischen den Datenobjekten im ARM und denen im AIM definiert.

Quelle: <http://www.prostep.darmstadt.gmd.de/>

Beispiel AP214: *Core Data for Automotive Mechanical Design Processes*

Das Anwendungsdatenmodell ISO 10303-214 beschreibt die Produkt- und Betriebsmitteldaten von Entwicklungsprozessketten in der Automobilindustrie.

In der jetzigen Form umfasst das AP214 die folgenden Datenklassen:

- Produktstruktur (organisatorische Daten, Baugruppenstruktur, Stücklistendaten),
- Geometrie und Topologie (Kanten-, Flächen-, Volumenmodelle),
- Darstellung von Geometrie (Farbe, Linienstärke, schattierte Darstellungen),
- Toleranzen,
- Bauteil- und Baugruppenbeschreibungen in Form von Zeichnungen,
- Kinematik,
- Materialangaben,
- Oberflächeneigenschaften.

Quelle: <http://www.prostep.darmstadt.gmd.de/>, Stand 2000

Definition Produktmodell

Informationen zur Beschreibung eines Produktes lassen sich grob in zwei Kategorien unterteilen:

Daten in Form von Dokumenten,
wie z.B.:

- CAD-Modelle
 - Zeichnungen
 - Stücklisten
 - NC-Programme
 - Textdokumente
- ...

Enthalten die eigentliche
Produktbeschreibung. Alle
Dokumente zusammen enthalten die
eindeutige Produktbeschreibung.

Metadaten sind jedem Dokument
zugeordnet. Zusätzliche
Informationen wie z.B.:

- Ersteller
- Änderungsdatum
- Zeichnungsnr.
- Version

Für jeden Dokumenttyp werden
Metadaten definiert.

Metadaten / Attribute

Metadaten werden auch als **Attribute** bezeichnet.

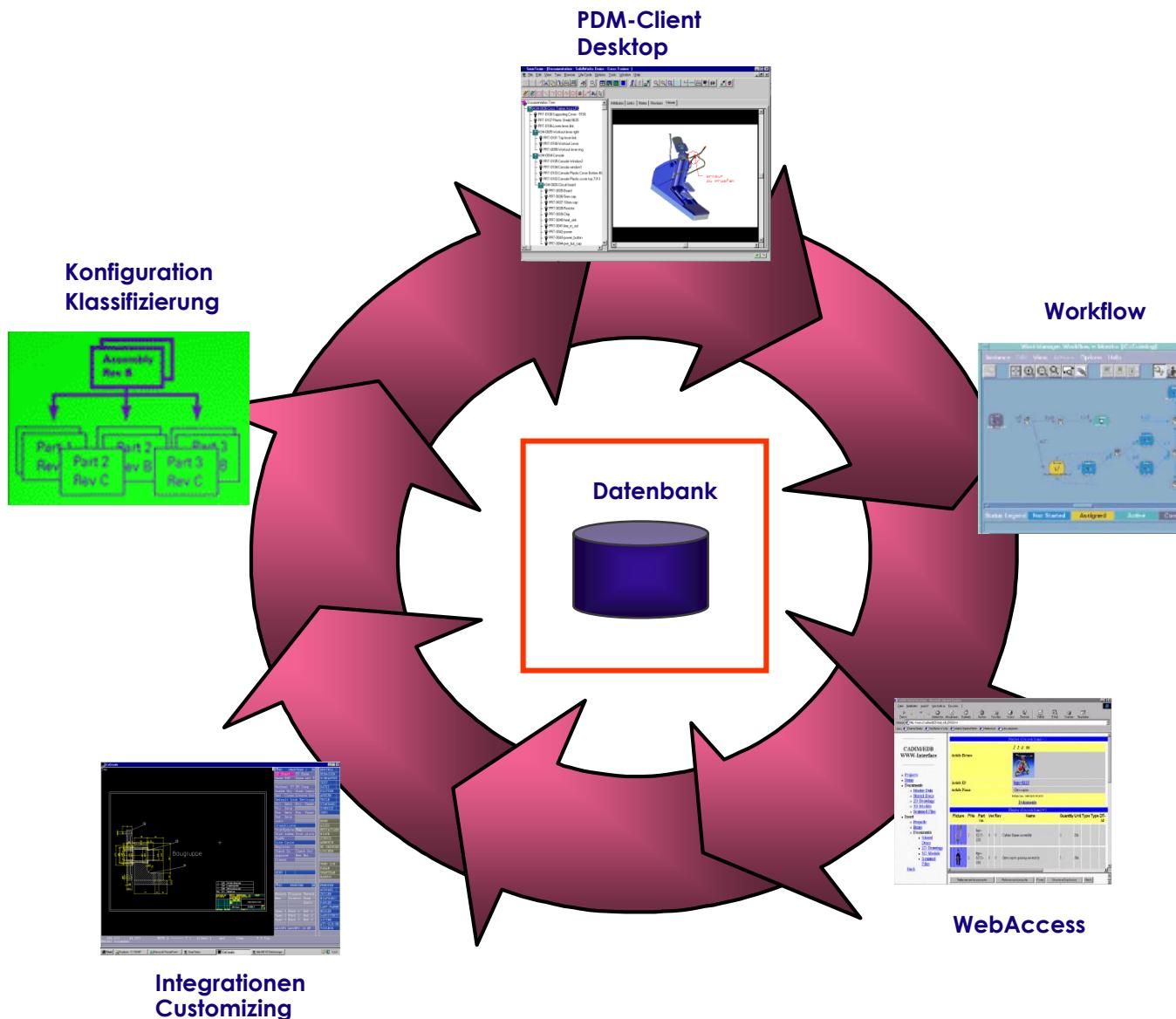
Attribute sind vergleichbar mit Variablen einer Programmiersprache.

Jedes Attribut verfügt über drei Eigenschaften:

- **Name:** Eindeutige Identifizierung des Attributes
- **Wert:** Veränderlicher Wert, der dem Attribut zugewiesen wird
- **Datentyp:** Beschreibt die Art der Werte, die ein Attribut enthalten kann. Z.B.:
 - Ganze Zahl
 - Gleitkommazahl
 - Text
 - Datum
 - Listenauswahl
 - Boolescher Wert

Name	Datentyp	Wert
Ersteller	Listenauswahl	Meier
Bezeichnung	Text	Flansch
Freigabe	Datum	12.01.2012
Gewicht	Gleitkommazahl	25,50

PDM-Module



PDM - Datenbanken

- Heute üblicherweise: Relationale^(*) Datenbank als Ablage für Metadaten.
- In der DB werden die verschiedenen Teile sowie deren **Beziehungen** untereinander abgelegt.
- Verwendete DBMS z.B.: Oracle, SQL-Server, Informix, Adabas, etc.
- Wichtige Voraussetzung: Gute Performance auch bei sehr großem Datenvolumen
- Anforderungen an das verwendete DBMS:
 - Client / Server - Architektur muss unterstützt werden
 - Verteilte Datenbanken
- Viele der Datenmanagementfunktionen eines PDM-Systems werden schon von dem DBMS bereitgestellt. Diese werden innerhalb der Benutzeroberfläche des PDM-Systems zur Verfügung gestellt. Dazu gehören beispielsweise:
 - Benutzerverwaltung mit Zugriffsrechten
 - Record Locking. Das Sperren eines momentan bearbeiteten Datensatzes für andere Benutzer.

•^(*) : Besser geeignet wären Objektorientierte Datenbanken, jedoch gibt es bis heute hier keinen Standard. Die vorhandenen OO-Datenbanksysteme erfüllen außerdem nicht die Performance-Anforderungen von PDM.

Datenbanken

Datenbank: Eine geordnete Menge von Daten.

Speicherung erfolgt unabhängig von speziellen Anwenderprogrammen. Ebenso sollte die Hardwareunabhängigkeit gesichert werden.

Zu einem **Datenbankmanagementsystem** (DBMS) gehören neben den Daten u.a.:

- Abstraktionsmechanismen zur logischen Datenstrukturierung
- Komponenten zur Datenverwaltung (*Zugriff, Benutzer, Änderung, ...*)
- Kommunikationsschnittstellen (für Anwender und Anwendungsprogramme)
(Transaktionen, Abfragen, Hilfsmittel für Eingabe und Präsentation, ..)

Anforderungen an Daten und Funktionen:

- Redundanzfreiheit (keine Mehrfacheingaben,...)
- Integrität (Plausibilität, d.h. formal korrekt und nicht widersprüchlich)
- Steuerung des Datenzugriffs (Zugriffsrechte, Synchronisation des Zugriffs, ..)
- Absicherung der Daten (bei Transaktionen, System- und Anwendungsfehlern,...)

Grundbegriffe

Datenbanktechnologie:

die auf ein Datenbanksystem gestützte Verfahrensweise bei der Speicherung, Verwaltung und Nutzung von Informationen eines Anwendungsbereiches

Datenbanksystem (DBS):

Zusammenfassung von Datenbank und Datenbankmanagementsystem

Datenbank (DB):

Sammlung von Datenbeständen

Datenbankmanagementsystem (DBMS):

Softwaresystem zur Verwaltung und Bereitstellung von Datenbeständen

Datenmodell (DM):

Konzepte für die Abbildung von Diskursbereichen in Datenbanken
(Strukturen, Operationen, Integritätsbedingungen)

Datenbanksprache (DL):

Sprache zur Definition und Manipulation von Datenbeständen

Relationenmodell - Darstellungskonzepte

Begriffe:

- Relation
- Attribut
- Tupel
- Primärschlüssel
- Fremdschlüssel

Relation

- Menge (mathematisch) - hier nicht Beziehung
- Menge von Entitäten
- Gleiche Merkmale
- Kontextabhängige Mengenbildung
- Abbildung als **Tabelle**
- Beispiel: Student, Vorlesung, Professor

Attribut

- Ein Merkmal einer Entität (Komponente eines Tupels)
- Wert aus einem bestimmten Wertebereich
- Spalte einer Relation
- Keine Ordnung (Reihenfolge)
- Beispiel: Relation Student: { Name, Vorname, Matrikelnummer... }

Tupel

- Eine bestimmte Entität (Instanz)
- Zeile einer Relation
- Keine Ordnung (Reihenfolge)
- Beispiel: Relation Student: Name, Vorname, Matrikelnummer, Fachsemester, Studienrichtung

Primärschlüssel

- Ein oder mehrere Attribute
- Eindeutige Identifizierung eines Tupels
- Oftmals wird als Primärschlüssel ein zusätzliches Attribut verwendet (automatisch generierter Zähler)
- Beispiel: Relation Student: Matrikelnummer

Fremdschlüssel

- Beziehung zwischen Relationen
- Beziehung innerhalb einer Relation
- Fremdschlüssel ist Primärschlüssel in der referenzierten Relation

Datenbanken: Relationale DB

Relationen, Attribute, Tupel, Schlüssel

Attribut					<i>Relation 1</i>
Tupel	Name	Vorname	Alter	Straßenschlüssel Fremdschlüssel	Hausnummer
	Müller	Ida	22	Attributwert	102
	Müller	Maria	71		7
	Schmitz	Anton	43		5

Primärschlüssel,
zusammengesetzt

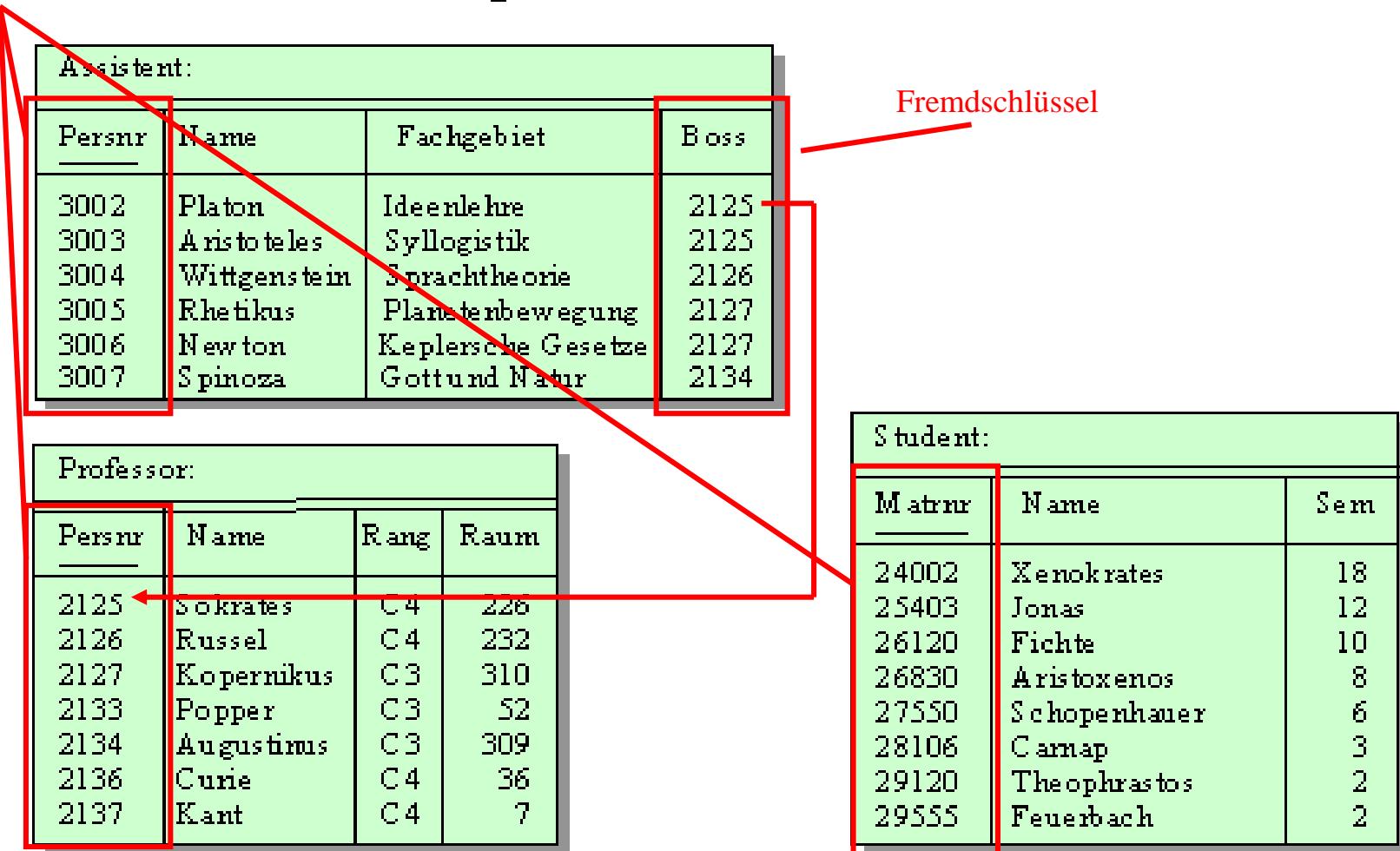
Relation 2

Straßenschlüssel	Straßenname
101	Nordstraße
102	Hauptplatz
103	Eichenweg
104	Inselstraße

Primärschlüssel,
einfach

Primärschlüssel

Beispielrelationen 1



Objektorientiertes Produktmodell

Das PDM-System stellt eine Anwendungsschicht bereit, welche die Datenbank verwaltet. Die Strukturen der RDB werden für den Benutzer verborgen, so dass dieser den Eindruck hat, mit **Objekten** zu arbeiten.

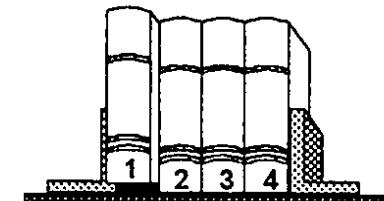
Herkunft: Softwaretechnik – Objektorientierte Software Entwicklung bzw. Object Oriented Software Engineering (OOSE)

Heute Standard für viele Programmiersprachen: C++, Java, Smalltalk, C#, (Visual Basic)

Objekt

Ein Objekt

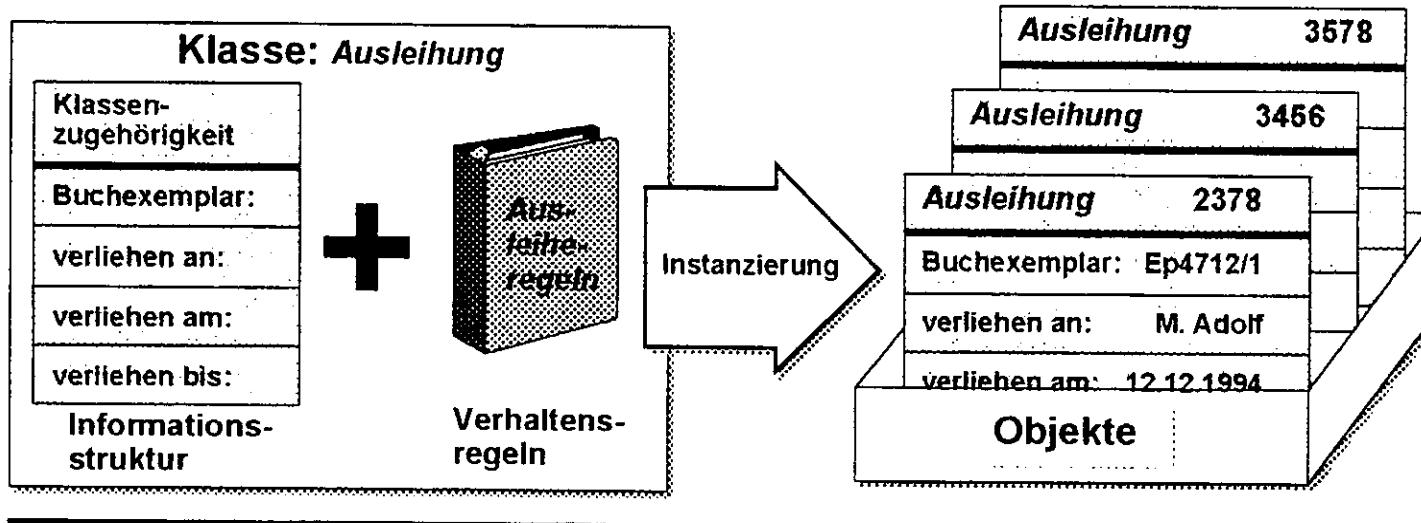
- ist die Abstraktion eines “Begriffs”,
- hat eine eigene Identität,
- zeigt ein für seine Art typisches Verhalten,
- hat zu jedem Zeitpunkt einen bestimmten Zustand,
- der für das Verhalten in bestimmten Situationen ausschlaggebend sein kann.



Grundbegriffe – Objektorientierte Software

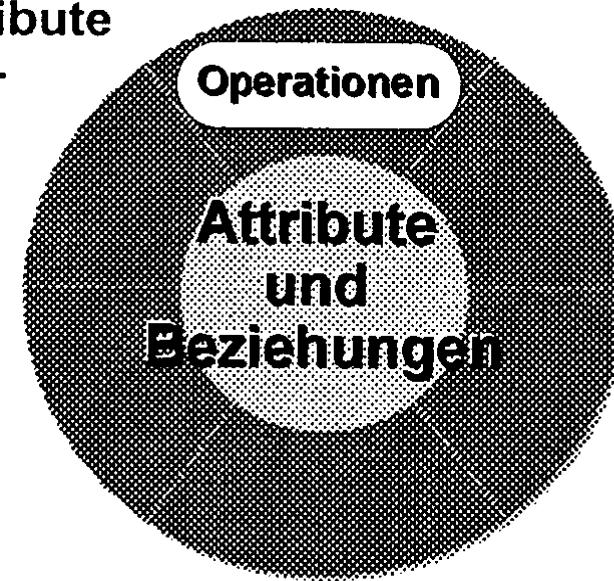
Klasse

- beschreibt den internen Aufbau der Objekte und
- ihr mögliches (artgerechtes) Verhalten;
- ist die Vorlage für beliebig viele gleichartige Objekte (Instanzierung).



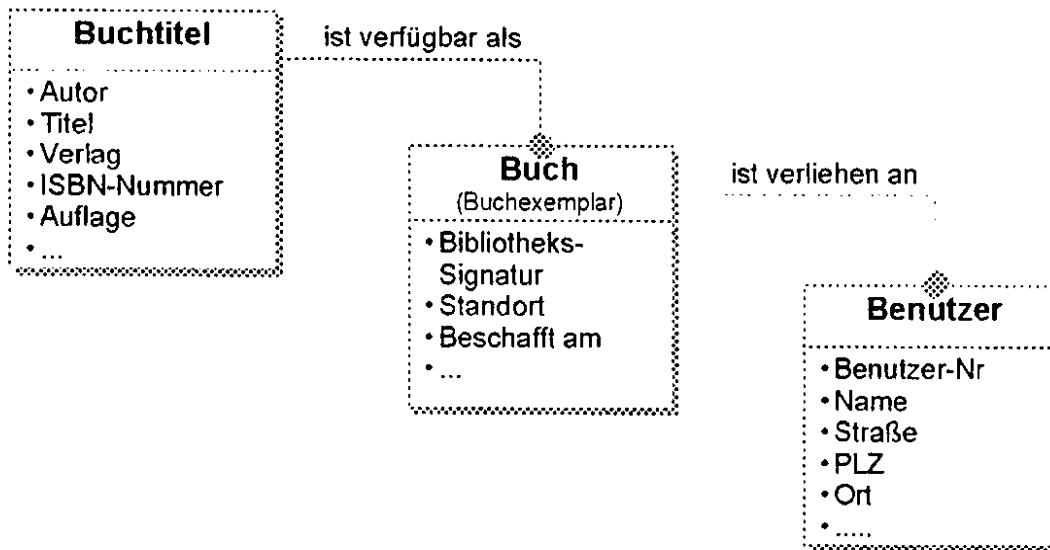
Attribute und Beziehungen

- Die strukturellen (statischen) Eigenschaften eines Objektes werden durch die Spezifikation in der Klasse bestimmt.**
- Sie werden durch Attribute und Beziehungen ausgedrückt und**
- bieten Platz für die Informationen, die den Zustand der jeweiligen Objekte beschreiben.**

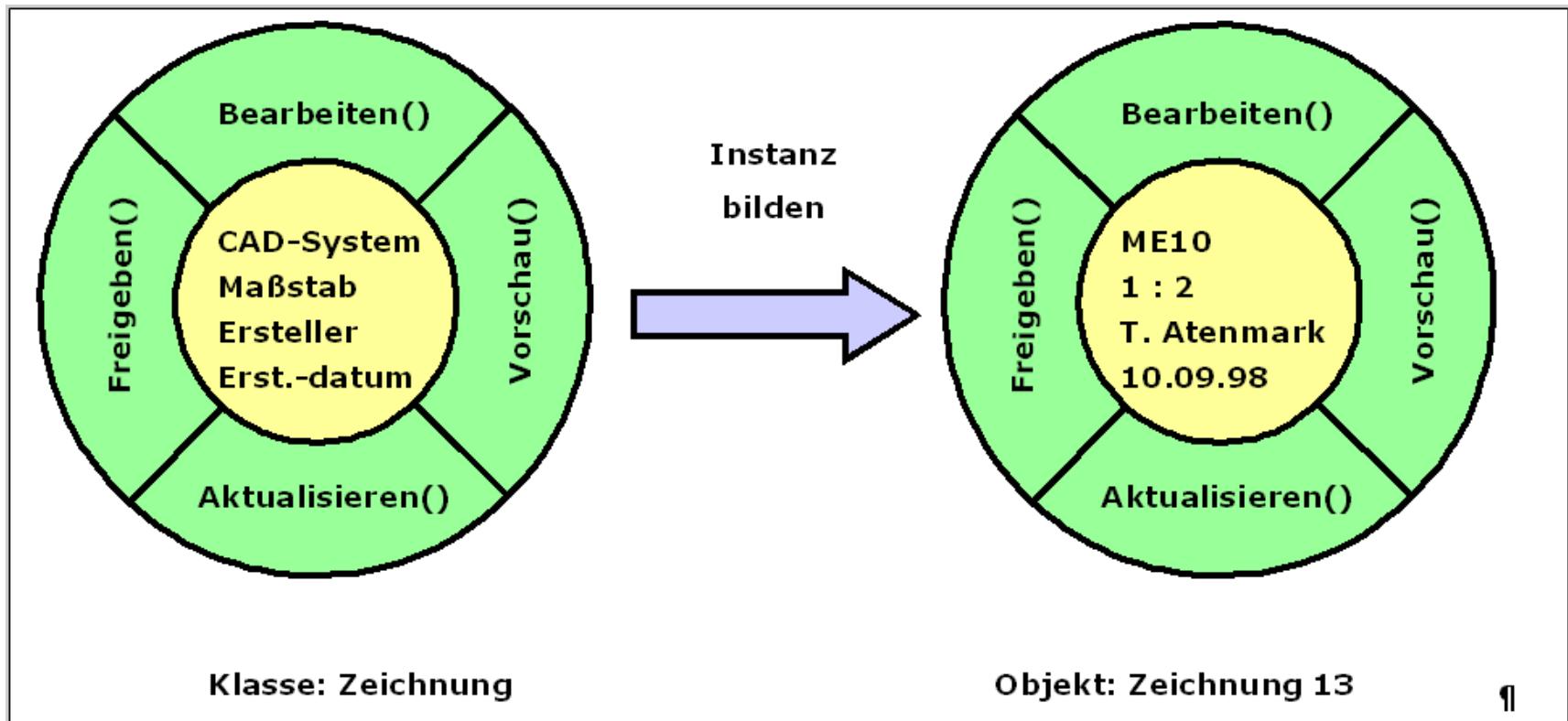


Grundbegriffe – Objektorientierte Software

Attribute und Beziehungen

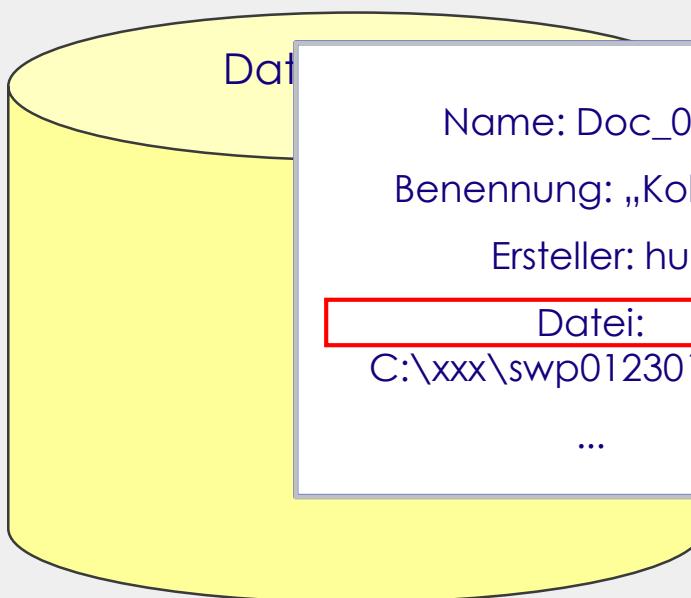


Klasse / Objekt



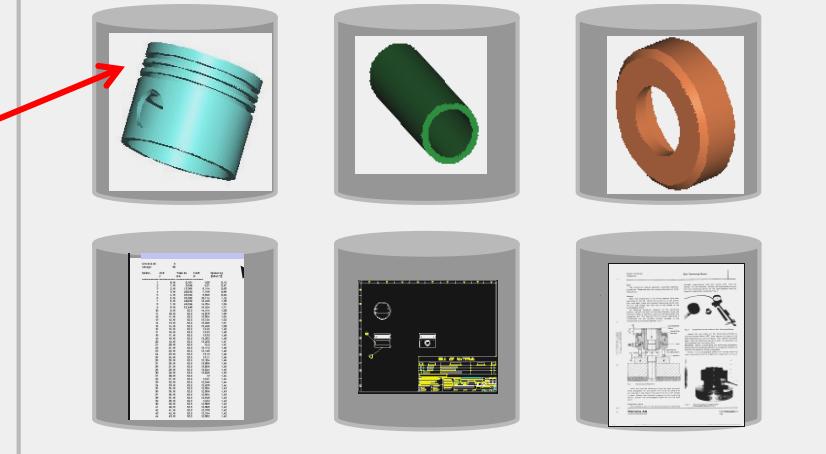
Informationen in PLM-Systemen

Metadaten

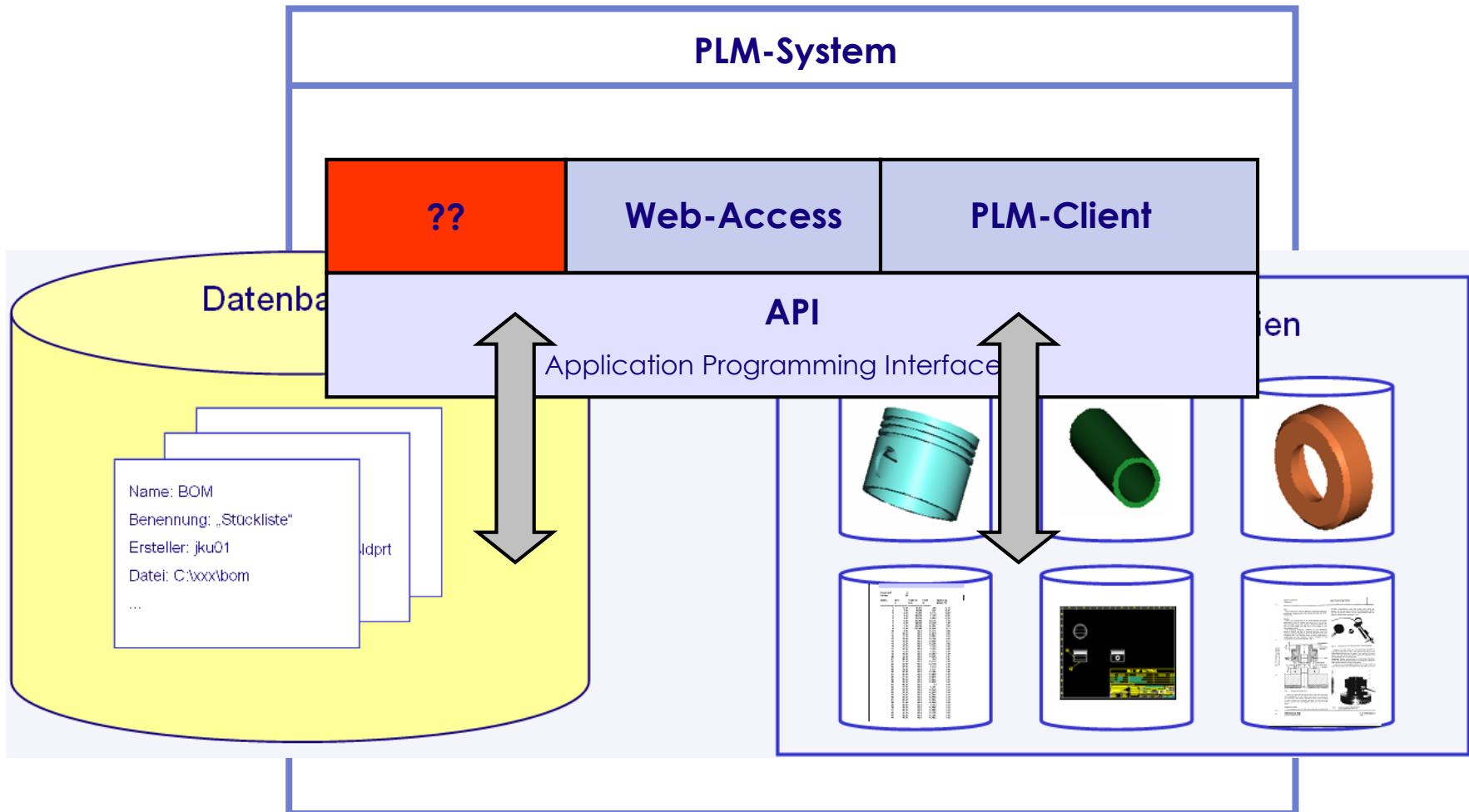


Daten

Dokumente / Dateien



Aufbau von PLM-Systemen



Dokumenten Zugriff

Ein PDM-System verwaltet Informationen in 2 Bereichen:

- Die Datenbank: **Objekte** mit Attributen, Sichtbar in der Benutzeroberfläche
- Der Vault: **Dokumente**, die nur für das PDM-System zugänglich sind.

Der Benutzer greift auf Dokumente nur indirekt über das zugehörige Dokumenten-Objekt zu.

Die Zugriffsrechte für Dokumente werden über die Zugriffsrechte der Objekte festgelegt. Hierzu verwendet das PDM-System (in der Regel) ein mehrstufiges Rechtesystem, mit folgenden Eigenschaften:

User: Benutzeridentifikation. „User“ ist in der Regel ebenfalls eine Klasse mit mehreren Attributen. (z.B. Name, Vorname, Abteilung, Telefon, Email-Adr., etc.)

Gruppe: Benutzer können Gruppen zugeordnet sein. Beispiele für Gruppen: Konstruktion, Arbeitsvorbereitung etc.

Rechte: Legen fest, welche Aktion ein Benutzer auf ein Objekt anwenden darf. Bsp:

- Lesen
- Bearbeiten
- Für Bearbeitung reservieren
- Dokument bearbeiten / Dokument laden
- Löschen
- Statusänderung durchführen

Dokumenten Zugriff

Die Rechte werden im Klassenkontext vom PDM-Administrator festgelegt.

Zugriffsrechte können für Gruppen oder Benutzer definiert werden.

Für die effektiven Rechte spielt der **Status eines Objektes** eine Rolle.

Der Status beschreibt die aktuelle „Position“ eines Objektes innerhalb des Bearbeitungs- bzw.

Lebenszyklus eines Objektes. Beispielhafte Werte für Status sind:

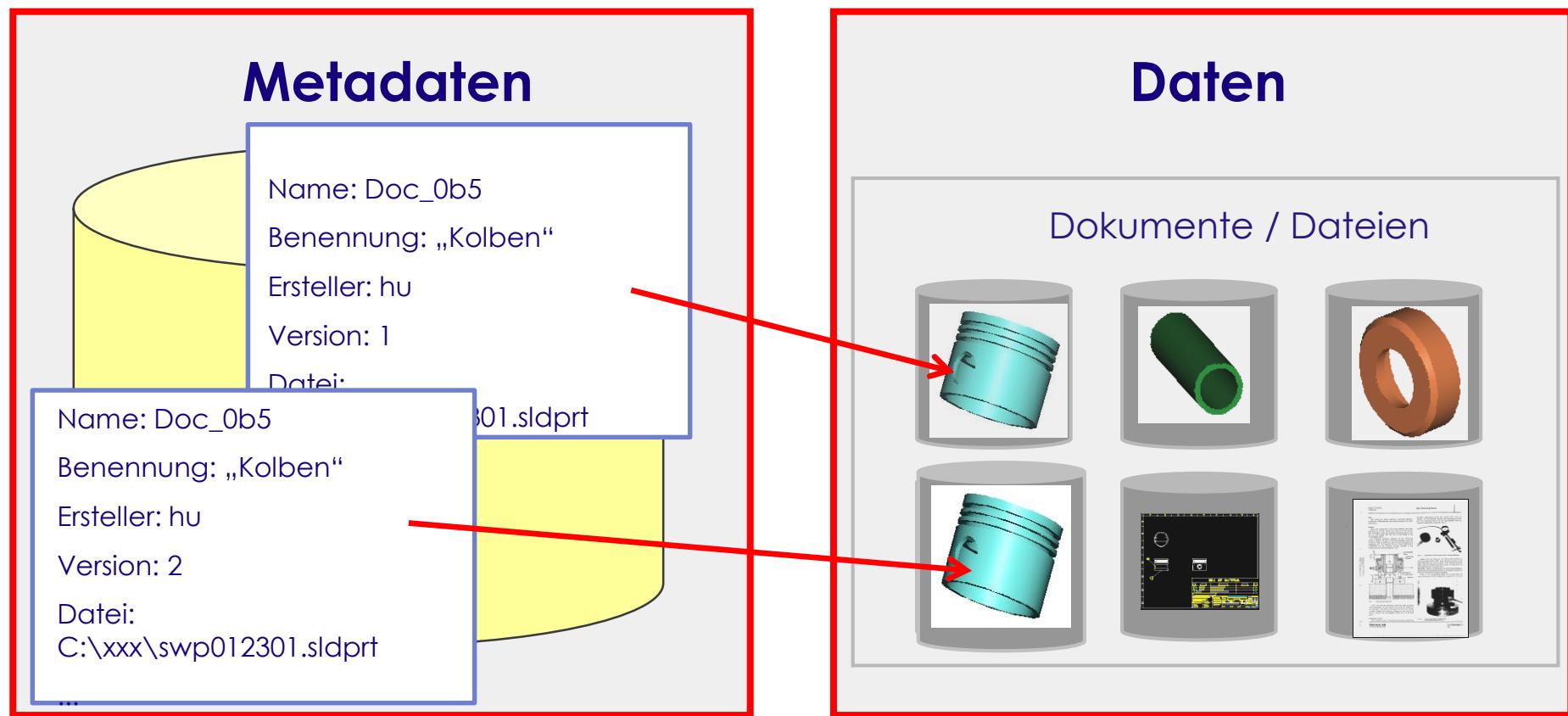
- Neu
- Reserviert
- Zur Prüfung
- Geprüft
- Freigegeben
- Ungültig

Beispielhafter Auszug der Zugriffsrechte für die Klasse „Technische Zeichnung“

Status	Benutzer	Zugriffsrechte
In Arbeit	Konstruktion, Meier,	Lesen, bearbeiten, reservieren, Status ändern
In Arbeit	Arbeitsvorbereitung	Lesen
Reserviert	Besitzer	Lesen, bearbeiten, reservieren, Status ändern
Reserviert	Alle	Lesen
Freigegeben	Alle	Lesen

Versionierung

Im Laufe einer Produktentwicklung findet eine ständige Veränderung der Produkt-Informationen statt. Dokumente, die das Produkt beschreiben werden geändert. Diese Dokumente müssen nicht zwangsläufig „überschrieben“ werden. PDM-Systeme bieten die Möglichkeit neue Versionen eines Dokumentes zu erstellen.



Versionierung

Zur Kennzeichnung der Versionierung wird eine Versionsnummer als Attribut an das Objekt angefügt.

Versionen werden durch automatische Zähler vom PDM-System inkrementiert.

Ein Objekt wird also eindeutig identifiziert durch die ID-Nr. (oder Name) und die Versions-Nr.

Für die Generierung der Versionsnummern stehen beliebige Mechanismen zur Verfügung.

Gebräuchliche Schemata sind:

Einstufig numerisch:

Inkrementierung um 1

Bsp.: 0, 1, 2, 3....

Einstufig alphanumerisch:

Inkrementierung um 1 Zeichen

Bsp.: a, b, c,.....,aa, ab,ac,...

Zweistufig:

2 Nr. durch „.“ getrennt

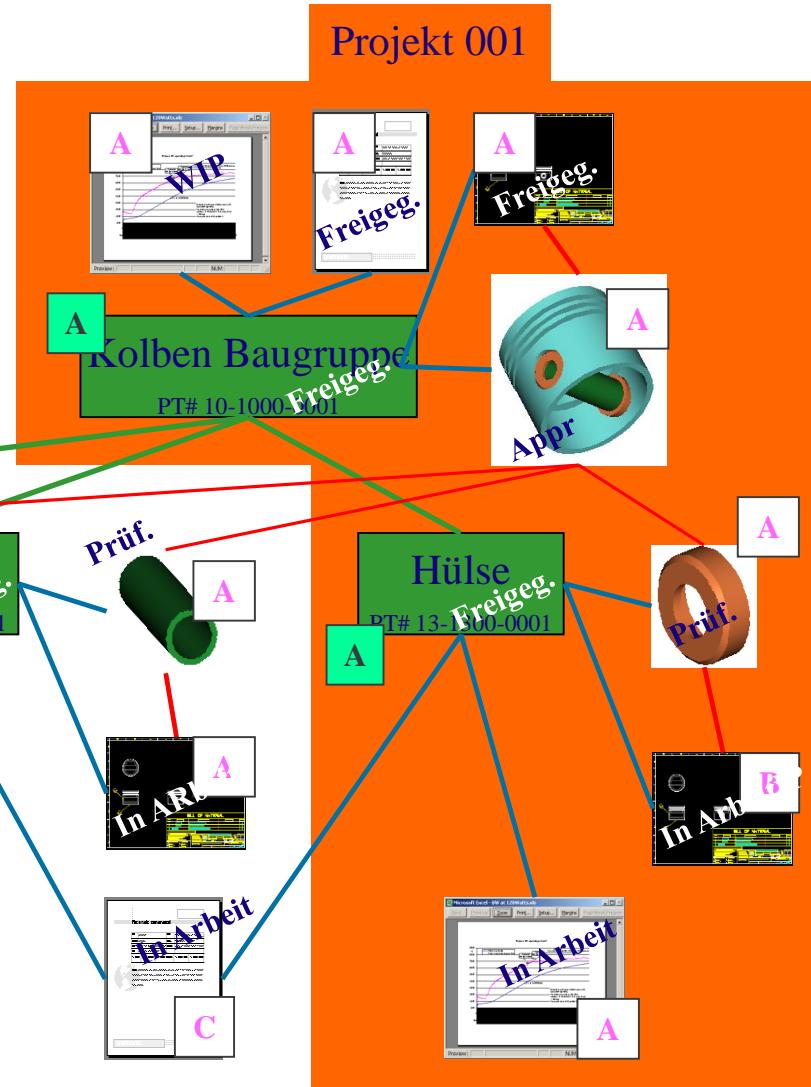
Bsp.: a.0, a.1, a.2,...b.0, b.1, b.2...

Die zweistufige Versionierung wird verwendet um ggf. die Anforderungen einer konkreten Produktentwicklung abzubilden.

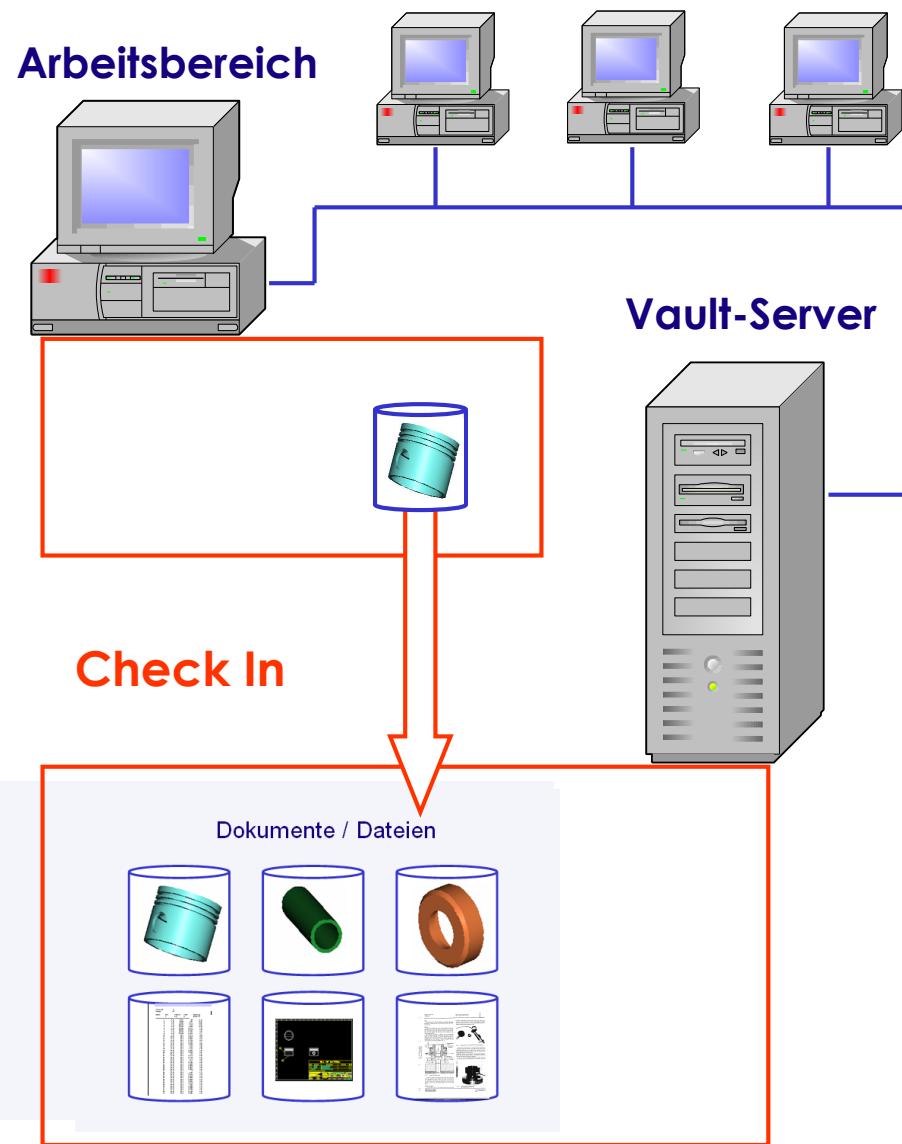
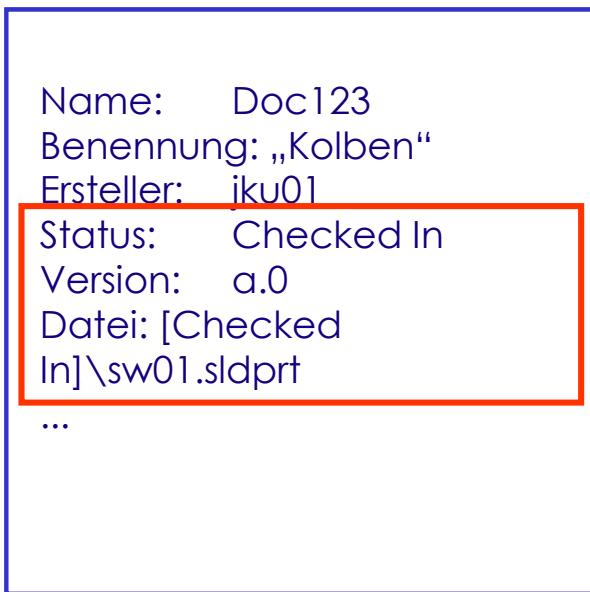
Bsp.: <Version>.<Revision>

Datenmanagement

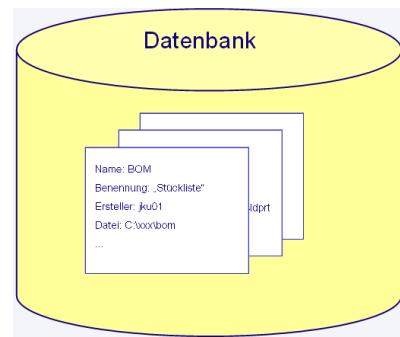
- CAD Daten-Mgmt. ✓
- Teile/Stücklisten Mgmt. ✓
- Dokumenten-Mgmt. ✓
- Dokument Version + Änderung ✓
- Teile/Stückliste Version + Änderung ✓
- Teile/Dok. Vers. Stat. Kontrolle ✓
- Projektmanagement ✓
- Prozeß-Management, Intranet/Extranet ✓



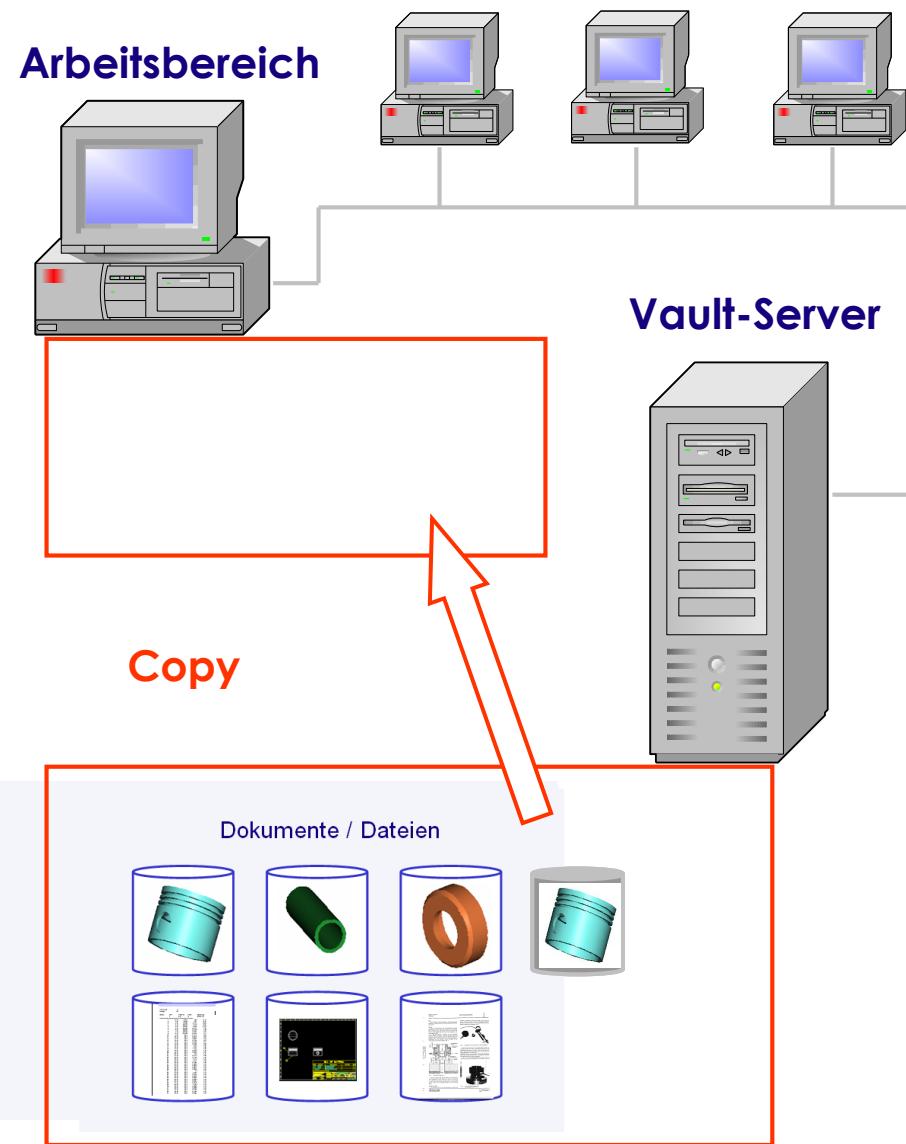
PLM: Lifecycle-Management (für Dokumente)



Check In

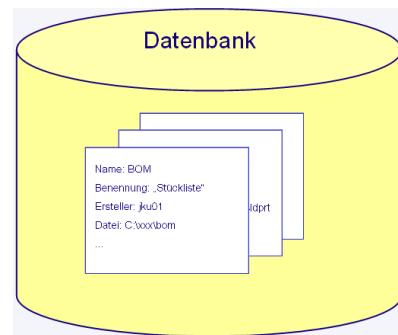


PLM: Lifecycle-Management

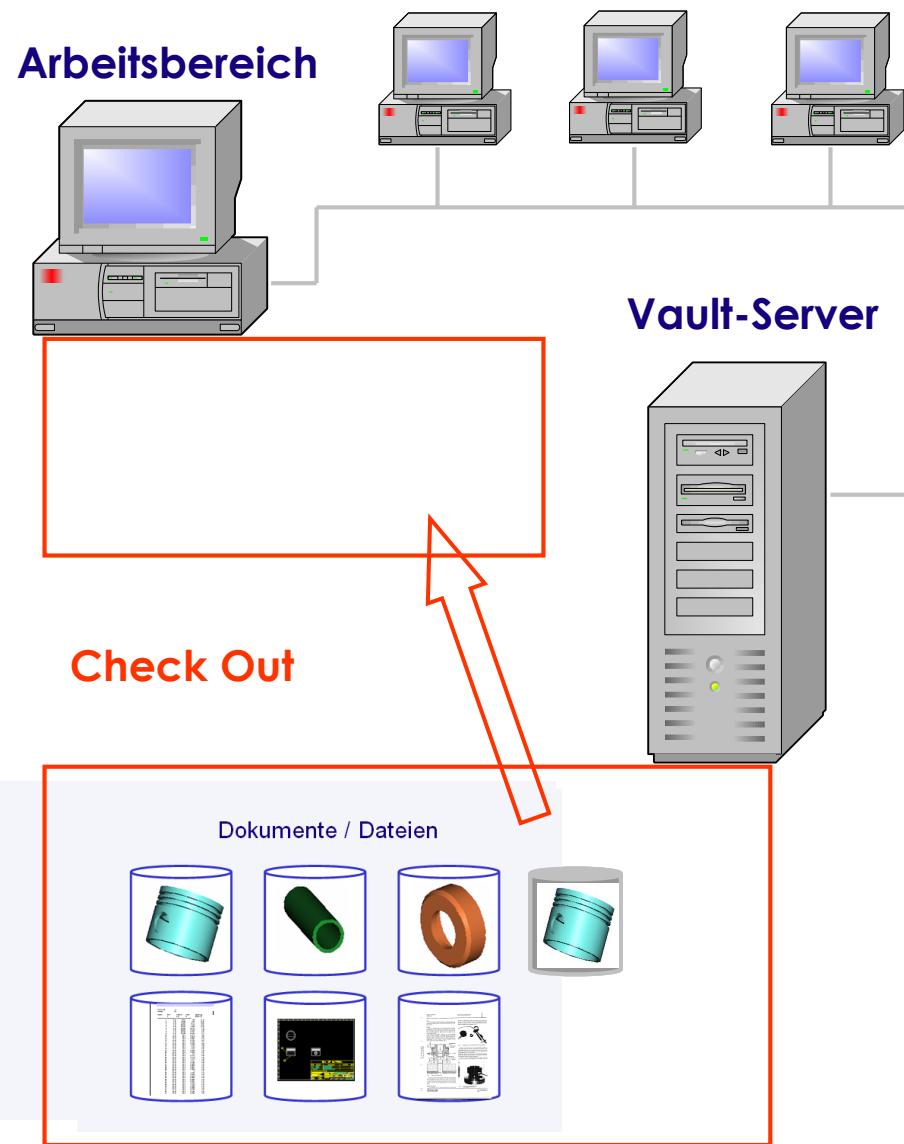
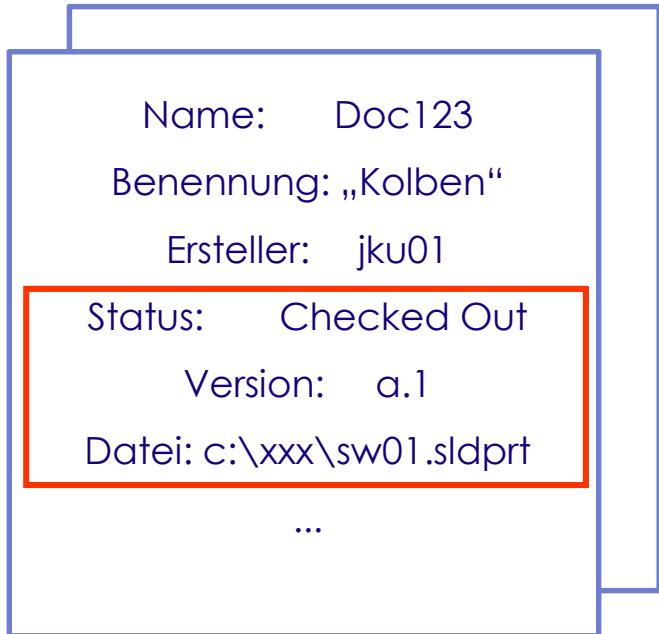


Check In

Copy



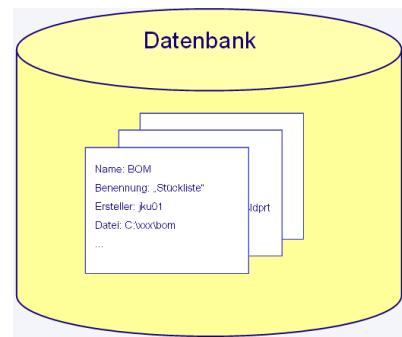
PLM: Lifecycle-Management



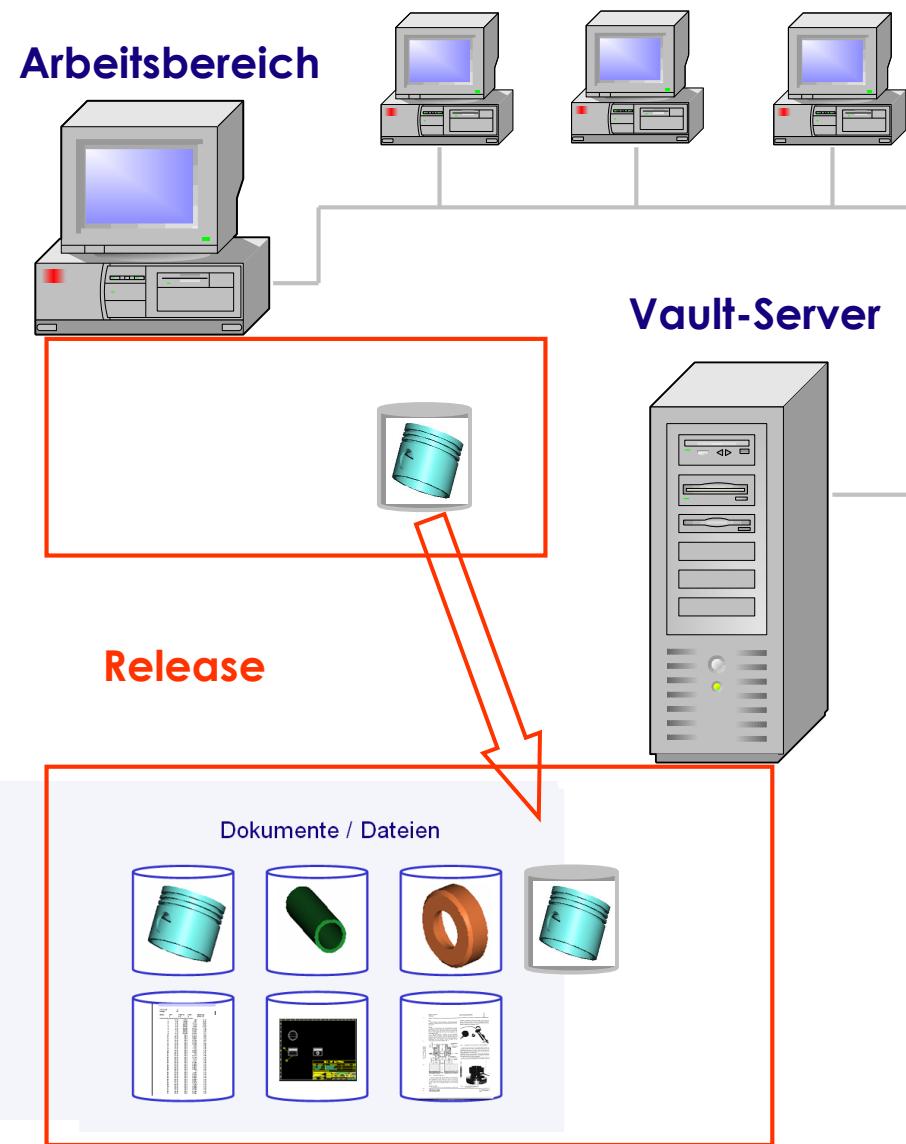
Check In

Copy

Check Out



PLM: Lifecycle-Management

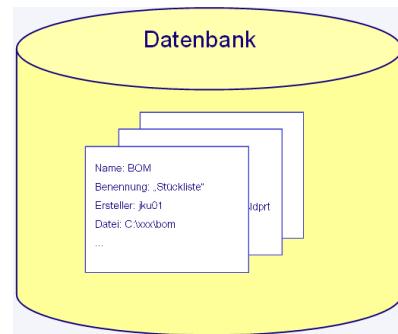


Check In

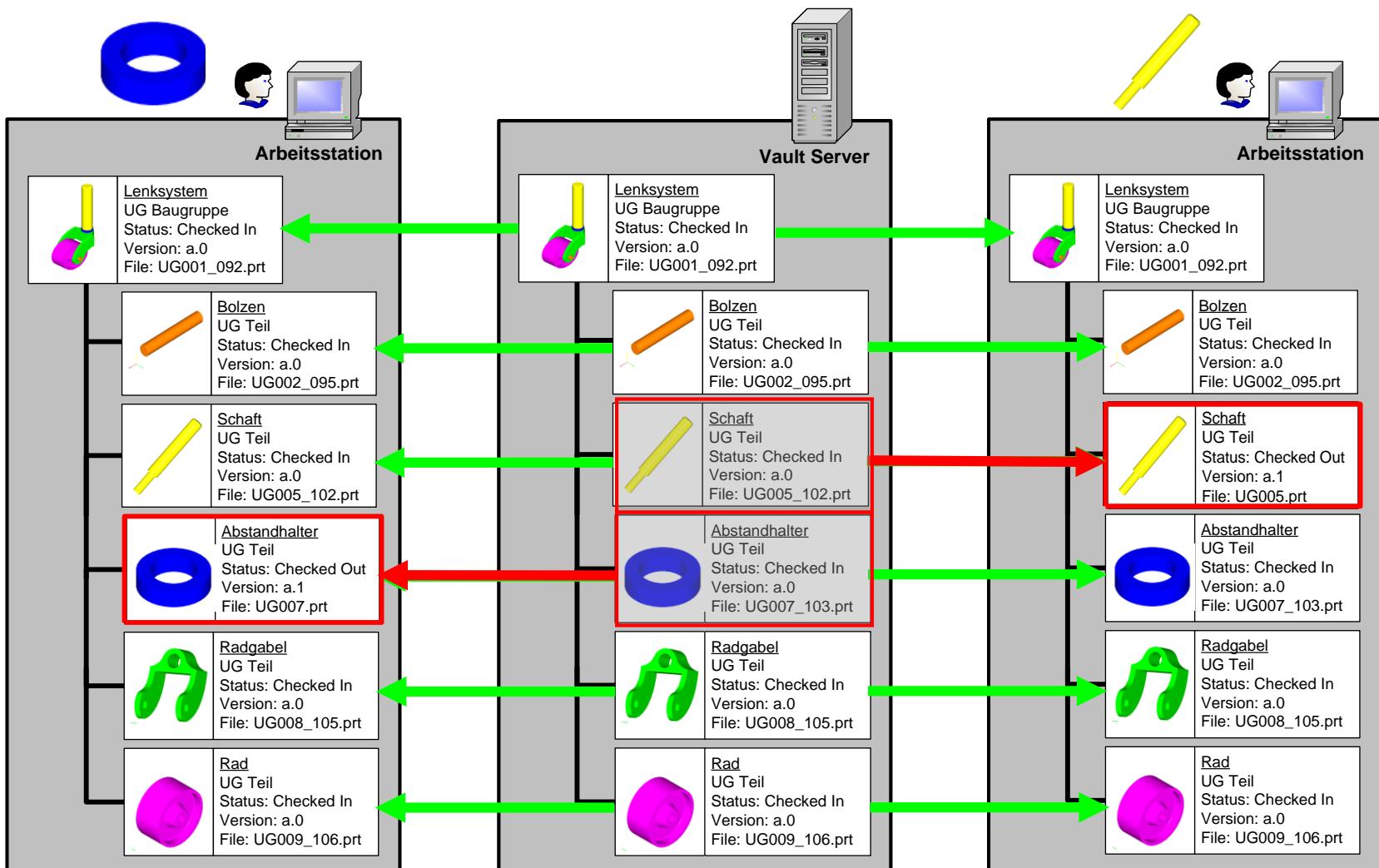
Copy

Check Out

Release



PDM: Concurrent Engineering



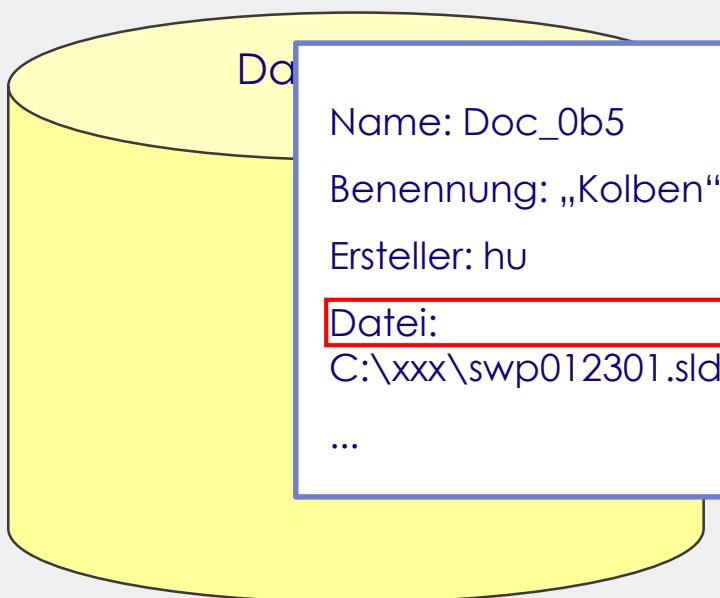
View Check Out,
Edit

Keytech-PLM



Informationen in PLM-Systemen

Metadaten



Daten



Informationen in PLM-Systemen

Das System Keytech verwaltet Informationen in zwei Kategorien:

1. Metadaten

Sind Daten, die in der Datenbank des Systems gespeichert werden. Die Metadaten (beschreibende Daten) sind wie bei den meisten modernen Systemen in Form von Objekten abgelegt. Jedes Objekt hat seine eindeutige Identität und verfügt über spezielle Eigenschaften. Dazu gehören die Attribute, deren Werte vom Benutzer bearbeitet werden können. Die Art eines Objektes wird durch die Klasse bestimmt, von der es erzeugt wurde. Keytech kennt drei grundsätzliche Arten von Klassen:

1. Mappe:

Zur Organisation der Informationen. Eine Mappe ist vergleichbar mit einem Ordner in Windows

2. Artikel:

Zur Organisation der Produkt- bzw. Teilestruktur werden Artikel verwendet. Sie dienen zur eindeutigen Kennzeichnung von z.B. Fertigungsteilen, Kaufteilen, Normteilen...

Artikel werden darüberhinaus zur Erstellung von Stücklisten verwendet.

3. Dokumente

Dokumentobjekte verfügen neben „normalen“ Attributen noch über die Zuordnung zu einer Datei.

Ein SolidWorks-Baugruppen Objekt verfügt über eine Zuordnung zu einer entsprechenden Datei und der Information, welches Programm für die Bearbeitung erforderlich ist.

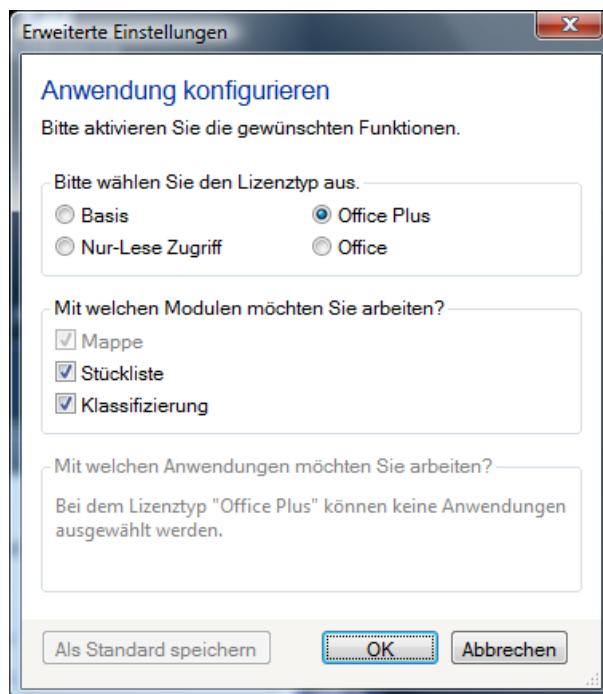
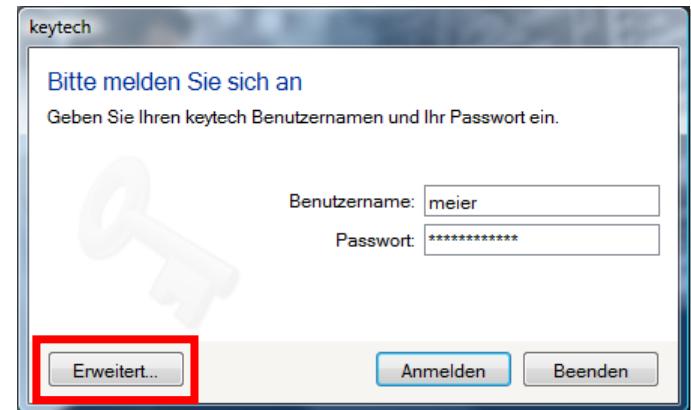
2. Daten

Sind die Dateien, die den Dokument-Objekten zugeordnet sind. Diese Dateien werden in dem sogenannten Vault gespeichert. Für eine Bearbeitung wird die Datei auf einen lokalen Arbeitbereich des Benutzers kopiert.

Anmelden

- **Anmeldung**

Nachdem Keytech durch Doppelklick auf das Desktop-Symbol (oder „Start -> Programme -> Keytech“) gestartet wurde, erscheint der Anmelde-Dialog. Hier identifiziert sich der Benutzer durch Eingabe von *Benutzername* und *Kennwort*.



- **Erweiterte Einstellungen**

Wird der Anmelde-Dialog mit der Schaltfläche *Erweitert* beendet, so können im Folgenden Voreinstellungen für den Systemstart angegeben werden.

Weitere Informationen zu den einzelnen Optionen können der KEYTECH .NET Dokumentation entnommen werden.

Keytech Desktop

Die Benutzeroberfläche ist den Office-Anwendungen von Microsoft nachempfunden und verwendet die sog. Fluent-Technologie. Sie ist einfach gehalten und ermöglicht eine weitgehend intuitive Arbeitsweise.

Keytech-Button

Programm beenden und Optionen

Mein Keytech

Konfigurierbarer Schnellzugriff.
Nachrichten, Aufgaben, Abfragen.
Strukturen und Favoriten

Struktur-Bereich

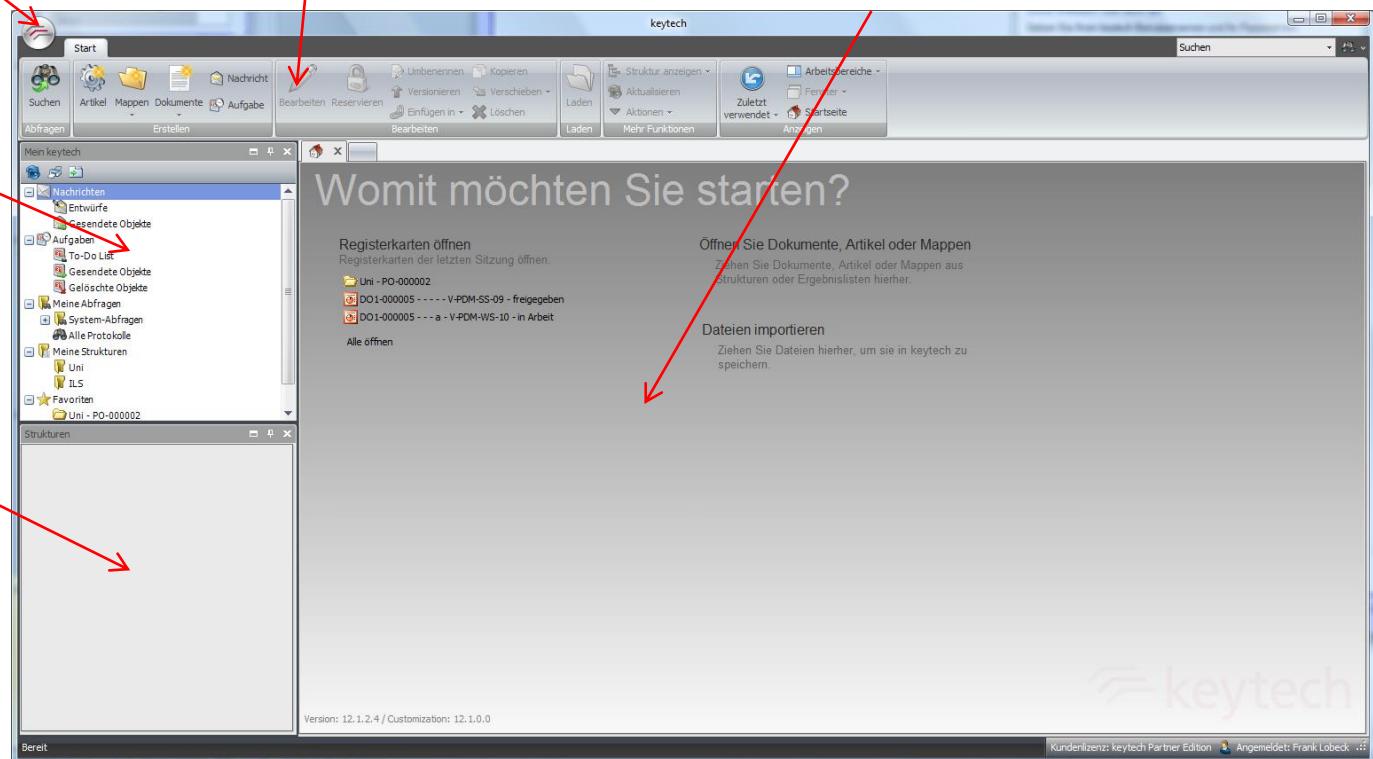
Darstellung von Strukturen.
Beliebige Strukturen können in unterschiedlichen Registerkarten geöffnet werden.

Ribbon

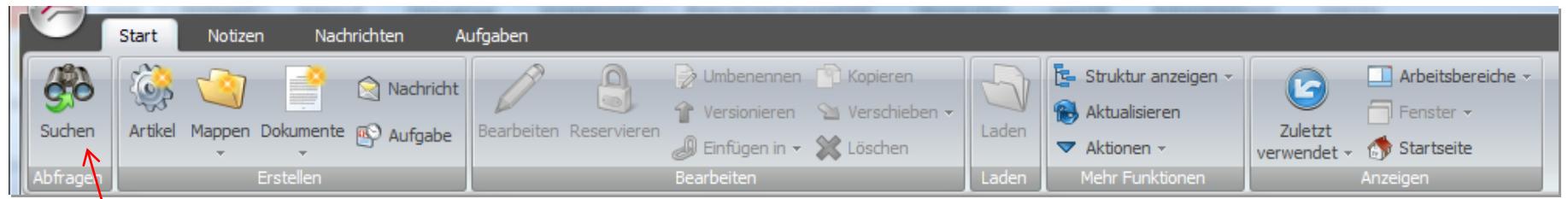
Kontextabhängiger Zugriff auf Funktionen. Je nach aktivem Objekt stehen verschiedene Ribbons zur Verfügung: Start, Notizen, Datei, Aufgaben...

Objektbereich

In verschiedenen Registerkarten detaillierte Darstellung von Objekten. Das hier ausgewählte Objekt (Registerkarte) ist das **aktive Objekt**. In der Startansicht werden die zuletzt geöffneten Objekte aufgelistet. Objekte können (z.B. aus Strukturen) per Drag & Drop auf diese Seite geöffnet werden. Ebenso können Dateien analog in keytech importiert werden.



Start Ribbon

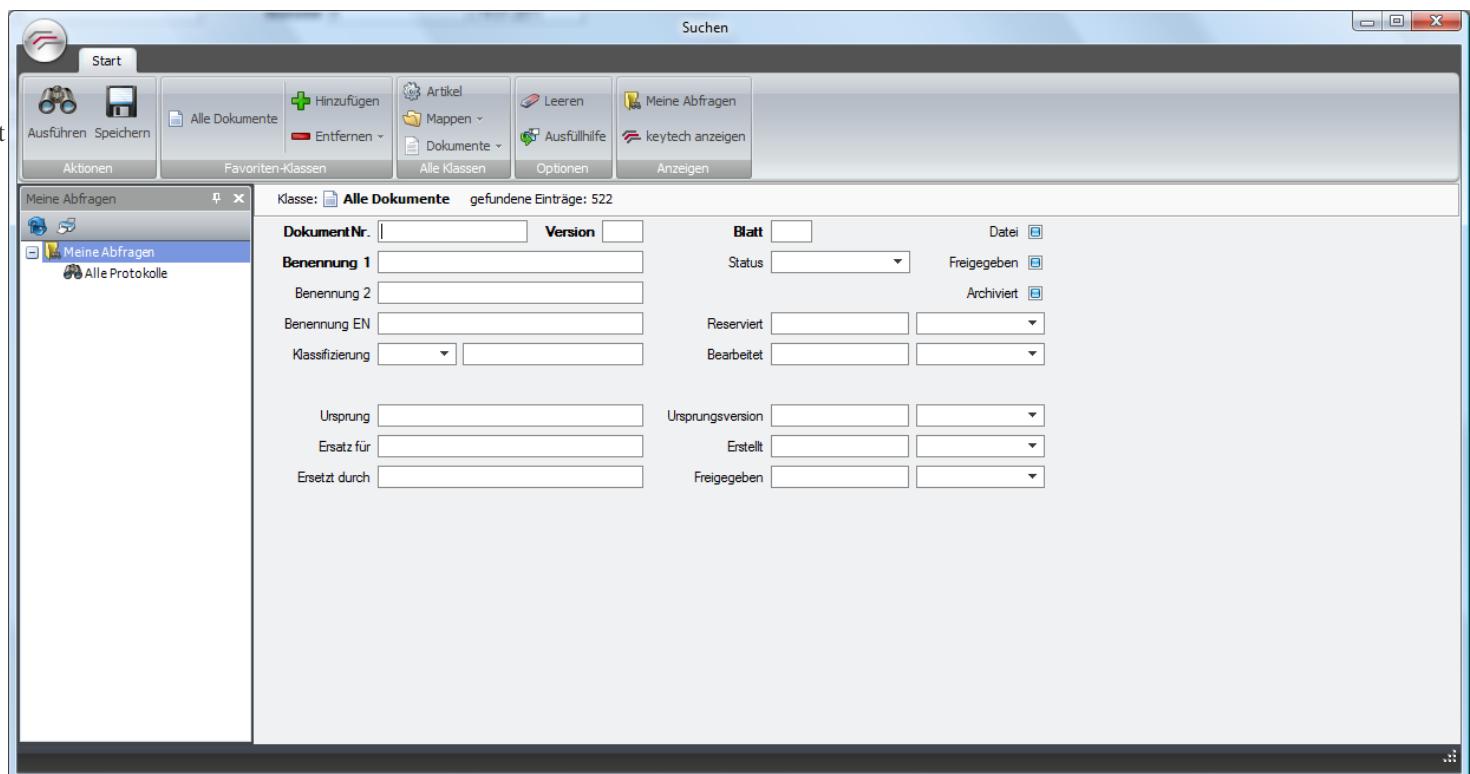


Suchen

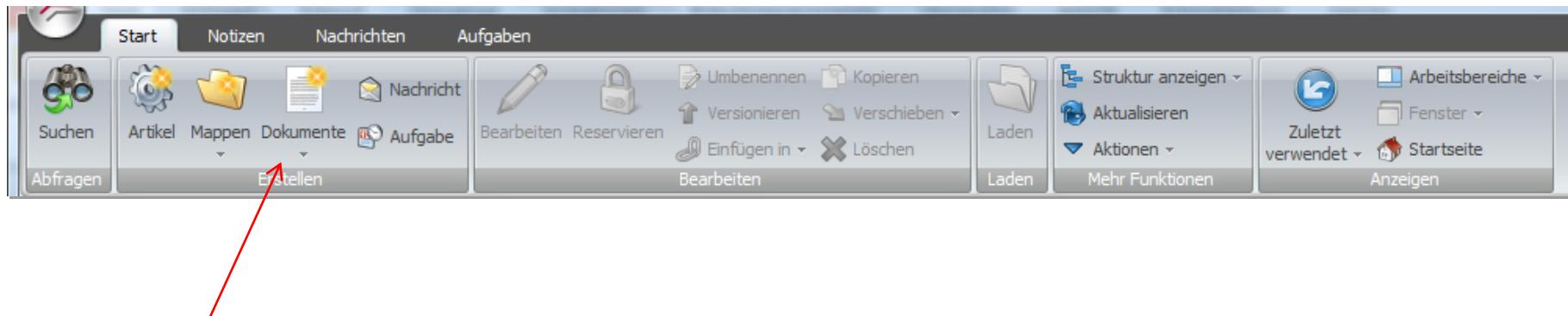
Startet den Abfrage-Dialog.

Hier kann nach Objekten gesucht werden in Abhängigkeit der

- Klassenzugehörigkeit
- Angabe von Attributwerten



Start Ribbon



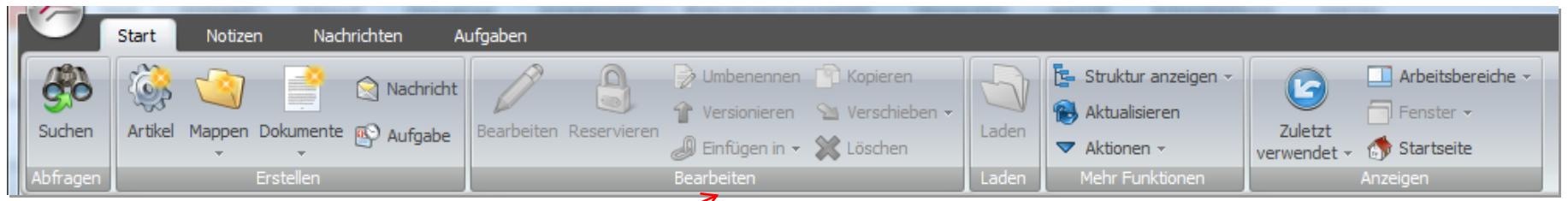
Erstellen

Eine Möglichkeit zur Erstellung neuer Objekte. (Artikel, Mappen, Dokumente, Nachrichten, Aufgaben)

Nach Auswahl der gewünschten Klasse (z.B. Mappe) wird ein neues Objekt im Arbeitsbereich angezeigt und die Attributwerte können eingegeben werden. Nach Betätigen des *Speichern*-Buttons wird das neue Objekt in der Datenbank erzeugt.

Objekte der Artikel- und Dokumenten-Klassen werden oftmals nicht mit Hilfe der Erstellen-Funktion sondern (einfacher) über die Anwendungsschnittstellen, z.B. in den MS-Office Produkten oder dem CAD-System, bzw. per Drag & Drop angelegt.

Start Ribbon



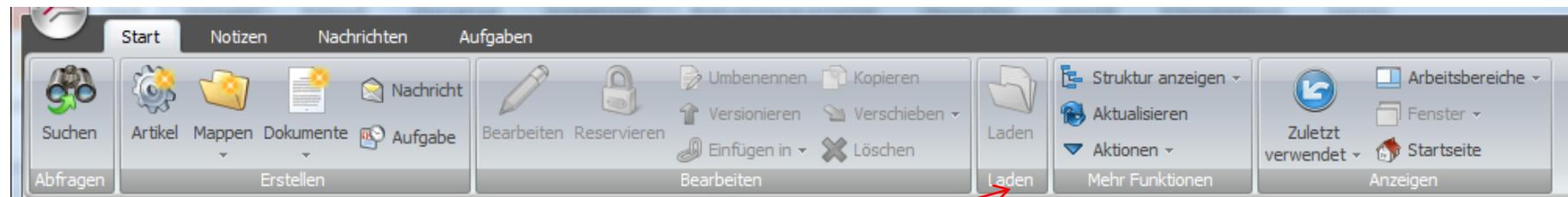
Bearbeiten

Die Befehle der Gruppe *Bearbeiten* beziehen sich immer auf das gerade aktive Objekt. Die wichtigsten Befehle in dieser Gruppe sind:

- Bearbeiten
Ermöglicht das Bearbeiten der Attributwerte.
- Reservieren
Reserviert das aktive Objekt; bzw. hebt eine vorhandene Reservierung auf.
- Versionieren

Hier kann eine neue Version des aktiven Objekts erstellt werden, sofern die Klasse Versionierung unterstützt.

Start Ribbon



Laden

Handelt es sich bei dem aktiven Objekt um ein Dokument, so wird dieses in die Anwendung geladen und kann dort bearbeitet werden.

Bsp:

Office-Dateien werden geladen und können bearbeitet werden.

Dokumente / Strukturen

Registerkarte Struktur

Das aktive Dokument in diesem Beispiel ist die Mappe (ID PO-0000002).

In der Registerkarte *Struktur* werden alle Objekte in einer baumartigen Liste dargestellt, die sich in der Hierarchie unterhalb des aktiven Dokuments befinden. In der Ansicht ist jeweils die Datei-Ansicht (d.h. die Vorschau bei Dokumenten) aktiviert.

The screenshot shows the software interface for managing documents. The main window title is 'keytech'. The top menu bar includes 'Start', 'Notizen', 'Nachrichten', 'Aufgaben', 'Bearbeiten', 'Reservieren', 'Versionieren', 'Verschieben', 'Einfügen in', 'Löschen', 'Aktualisieren', 'Struktur anzeigen', 'Aktionen', 'Bearbeiten', 'Laden', 'Mehr Funktionen', 'Zuletzt verwendet', 'Fenster', and 'Startseite'. The left sidebar contains links for 'Nachrichten', 'Aufgaben', 'Meine Abfragen', 'Alle Protokole', 'Meine Strukturen', 'Favoriten', and specific document entries like 'Uni - PO-000002' and 'Dodge - PO-00043'. The central workspace shows a hierarchical tree view of documents under 'PO-000002', with a context menu open over a specific document entry. The menu options include 'Öffnen', 'Verknüpfung zu 'Vorlesungen - PO-000003' entfernen', and 'Reservierung aufheben'. Below the menu, a preview window displays a form titled 'Verlaufs- und Ergebnissicherung für die mündliche Prüfung (für den persönlichen Gebrauch)'. The form includes fields for 'Fach:' and 'Datum:', a grid for 'Rigkeitsgrad (Fachwissen)' with columns 1 through 6 and a note 'beschlossene Note:', and another grid for 'die Richtigkeit (und Urteile)' with columns 'hoch' and 'niedrig'. At the bottom, there's a section '3. Souveränität im Umgang mit Lernbesitz (Argumentation und Präsentation)' with a grid for 'sicher/zielstrebig/gesigt/beweglich klarer, versierter u. wissenschaftl. Sprachgebrauch'. The bottom status bar shows 'Kunden Lizenz: keytech Partner Edition' and 'Angemeldet: Frank Lobeck'.

Im Beispiel ist die Vorschau eines PDF-Dokuments zu sehen. Innerhalb der Liste kann auf einfache Art mit Hilfe des Kontextmenüs gearbeitet werden.

So kann beispielsweise das Objekt geöffnet werden oder durch *Laden* in der jeweiligen Anwendung bearbeitet werden. Im Falle eines PDF-Dokuments bewirkt der Befehl *Laden* das Starten des Programms *AcrobatReader* mit der ausgewählten Datei.

Dokumente

Registerkarte Editor

Hier sind die Attribute des aktiven Dokuments dargestellt.

Das Objekt wurde in diesem Fall durch den Befehl *Öffnen* in dem Strukturaum geöffnet.

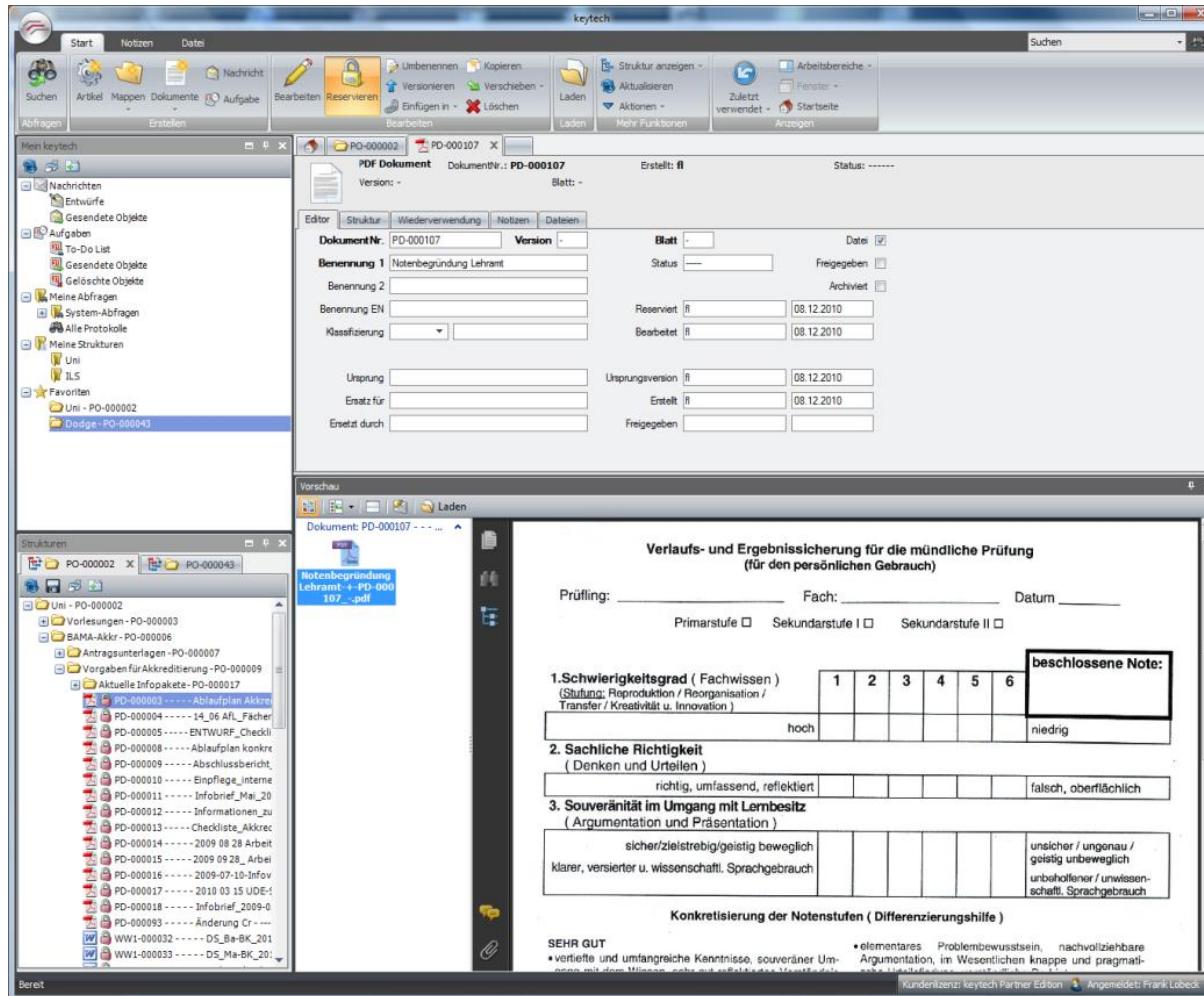
The screenshot shows the keytech software interface with the following details:

- Toolbar:** Includes buttons for Search, Article, Folders, Document, Task, Edit, Reserve, Rename, Copy, Move, Delete, Structure View, Refresh, Load, Actions, Last Used, Workspaces, Windows, and Start Page.
- Left Sidebar:** Contains sections for Nachrichten, Aufgaben, Meine Abfragen, Meine Strukturen, and Favoriten. Under Favoriten, there are entries for Uni - PO-000002 and Dodge - PO-000043.
- Central Content Area:** Displays the "PDF Dokument" with DocumentNr.: PD-000107. It shows fields for DokumentNr., Version, Blatt, Datei, Benennung 1, Benennung 2, Benennung EN, Klassifizierung, Reserviert, Freigegeben, Archiviert, Bearbeitet, Ursprung, Ursprungsversion, Ersatz für, Erstellt, and Freigegeben.
- Bottom Left:** Shows the "Strukturen" (Structure) view with a tree structure of documents under "Uni - PO-000002".
- Bottom Right:** Displays the status bar with "Bereit", "Kundenlizenz: keytech Partner Edition", "Angemeldet: Frank Lobeck", and a license key.

Dokumente

Registerkarte Editor / Vorschau

Über den Befehl Start -> Anzeigen -> Arbeitsbereiche wurde das Vorschaufenster aktiviert.



Registerkarte Wiederverwendung

Funktion analog zu Registerkarte Struktur. Es werden allerdings alle Objekte angezeigt, die in einer Struktur das aktive Objekt beinhalten.

Diese Ansicht ermöglicht einen schnellen Verwendungs nachweis. Im Beispiel ist zu erkennen, dass das aktive Dokument in der Mappe „Vorlesungen“ enthalten ist, welche wiederum in der Mappe „Uni“ enthalten ist.

The screenshot shows the keytech software interface with the 'Wiederverwendung' (Recycling) tab selected. The main workspace displays a hierarchical tree structure of documents. The active document, 'PD-000107 - ---- Notenbegründung Lehramt', is highlighted. A tooltip above the document provides its identifier (000107), creation date (Erstellt: 01), and status (Status: -----). The interface includes a toolbar at the top with various icons for search, article, folder, document, task, and file operations. On the left, there's a sidebar with sections like Nachrichten, Aufgaben, Meine Abfragen, Meine Strukturen, and Favoriten. The bottom right contains a detailed form for 'Verlaufs- und Ergebnissicherung für die mündliche Prüfung' (for personal use), which includes fields for Prüfling, Fach, Datum, and various assessment scales.

Prozessmanagement

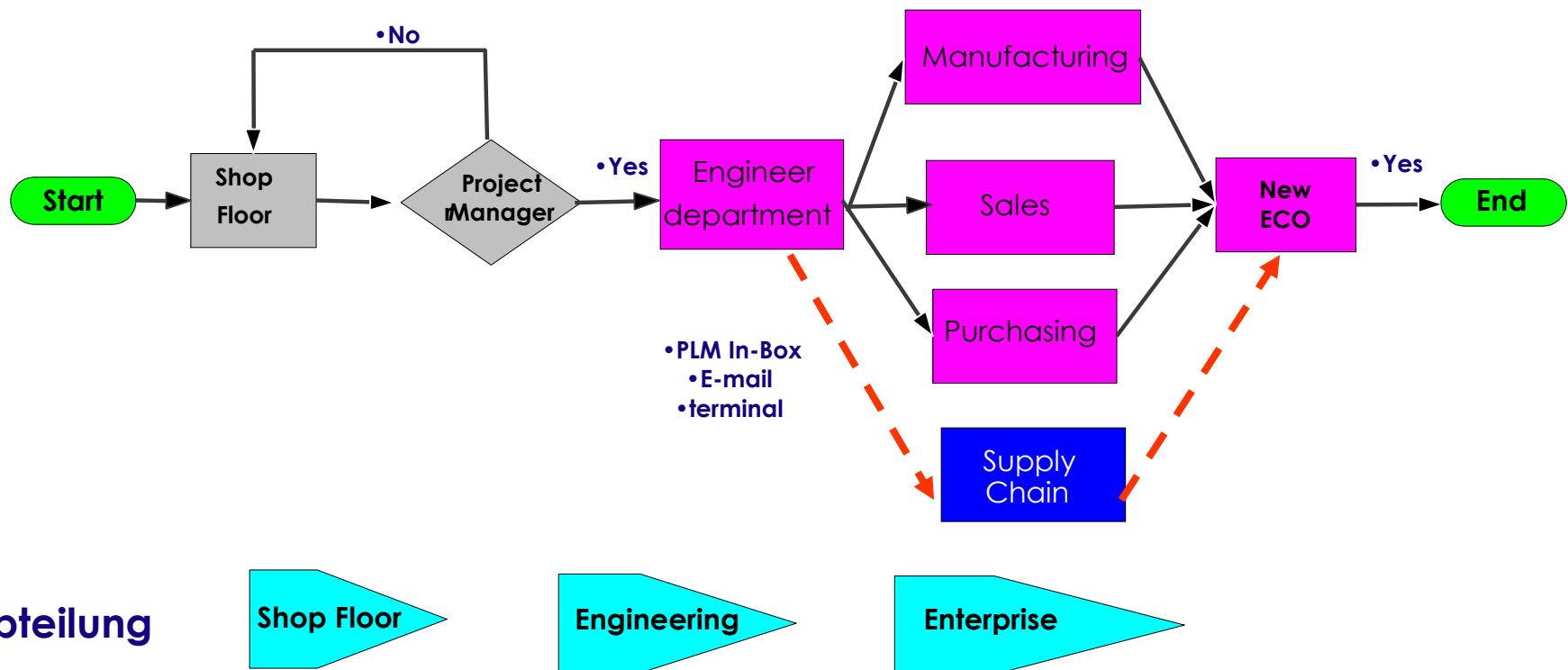


- Zentrale Aufgabe:
 - Bereitstellung der benötigten Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort.
- Concurrent Engineering erfordert ein hohes Maß an Kommunikation zwischen Abteilungen und Mitarbeitern.
- Konventionell: Verwendung von Mappen, die mit Papier gefüllt und versandt werden.
- Im Entwicklungsprozeß wird: neu entwickelt, geändert, geprüft, freigegeben usw..
D.h. das PDM-System muss in großem Umfang koordinieren und protokollieren.

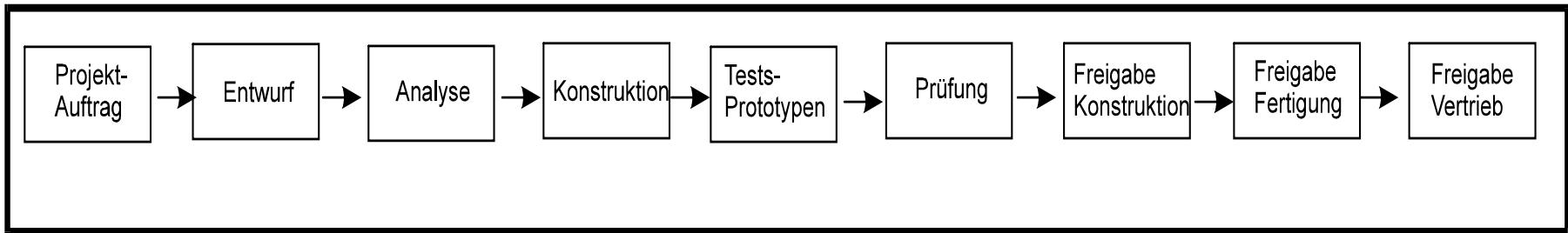
Workflow

Prozessbeispiel – ECO (Engineering Change Order, Änderungsanweisung)

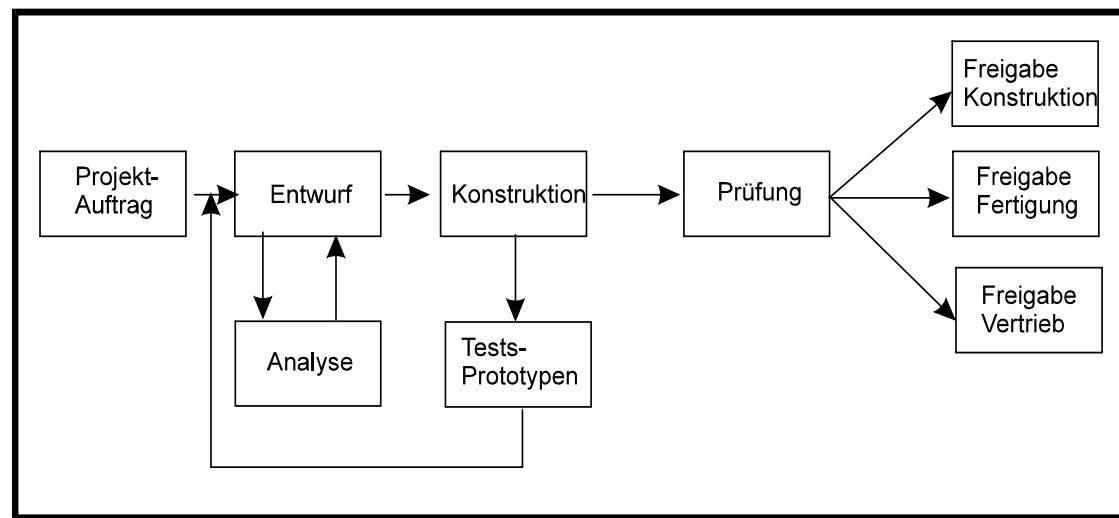
Möglichkeit der Zusammenarbeit für Projekt-Teams über das gesamte Unternehmen und innerhalb der Supply Chain



Prozessmanagement



Sequentielle Prozessabwicklung



Gleichzeitige Prozessabwicklung

Prozessmanagement

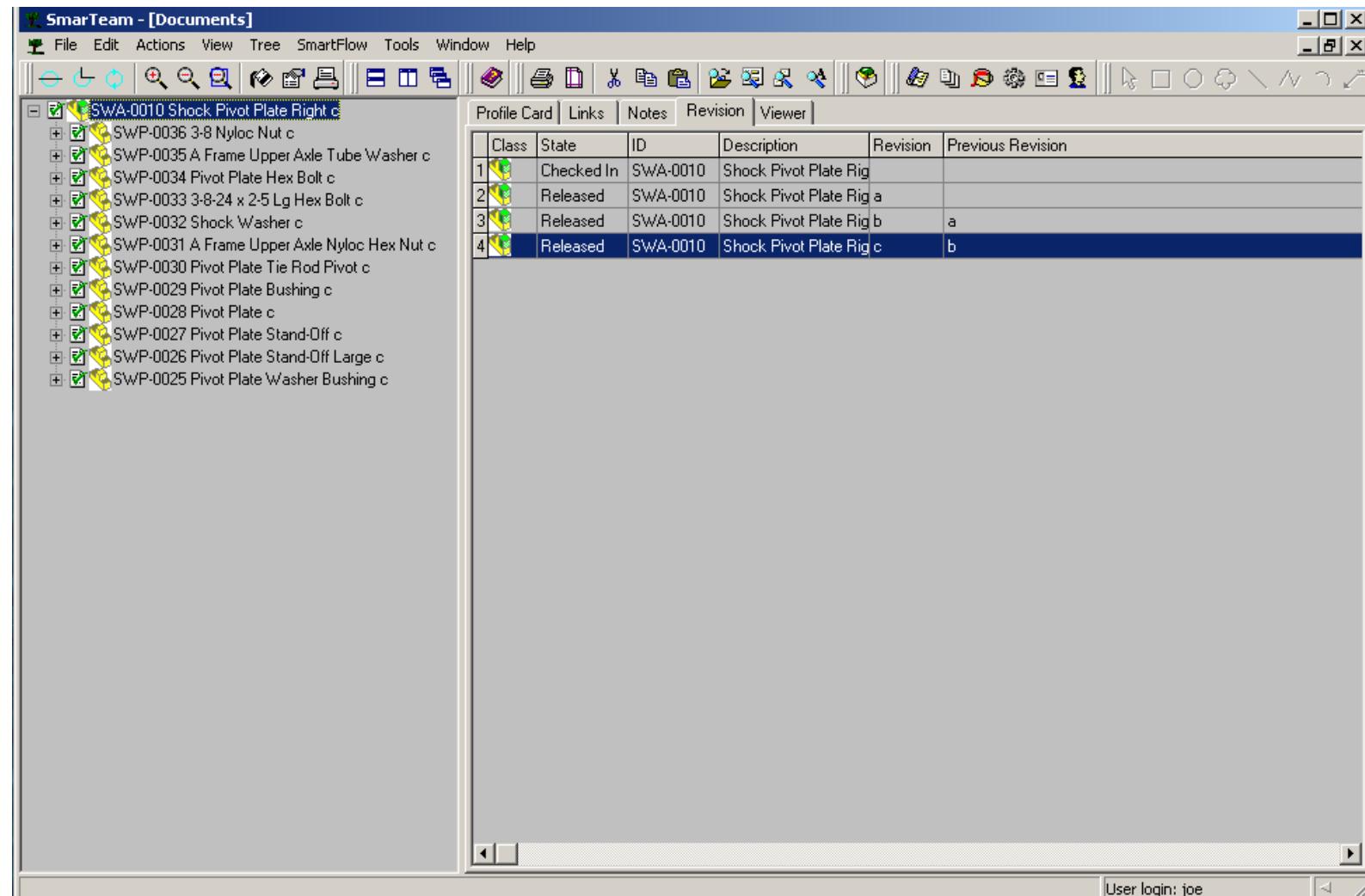
Das Prozeßmanagement innerhalb des PDM beschreibt und unterstützt die technische Ablauforganisation. Das Prozeßmanagement beschränkt sich jedoch nicht wie das klassische Projektmanagement auf das Delegieren von Aufgaben. Vielmehr werden hier die Wechselwirkungen zwischen den durchgeführten Aufgaben und den jeweils erzeugten Daten berücksichtigt. Die Optimierung der gesamten Projektabwicklung als Herausforderung für PDM wird zum überwiegenden Teil durch die Funktionalitäten des Prozeßmanagements erreicht. Nach Hewlett Packard gliedert sich das Prozeßmanagement in die drei Komponenten:

Arbeitsmanagement,
Workflow Management und
Arbeitsprotokollverwaltung.

Arbeitsmanagement

Unter Arbeitsmanagement wird die fortlaufende Erfassung aller Daten unter Berücksichtigung der jeweiligen Version verstanden. Die Daten werden dabei im zugrunde liegenden Produktmodell abgelegt, und können bei Bedarf abgerufen werden. Durch die Verwaltung aller Versionen und Zwischenstände wird es unter anderem ermöglicht, im Laufe eines Entwicklungsprozesses zu einer früheren Version zurückzukehren. Dabei werden alle Vorgänge unter Berücksichtigung von abhängigen Dokumenten und unter Einbeziehung aller beteiligten Projektgruppenmitglieder durchgeführt.

Arbeitsmanagement – Version, Revision



Workflowmanagement

- Zentrale Aufgabe:
 - Bereitstellung der benötigten Informationen zur richtigen Zeit am richtigen Ort.
- Concurrent Engineering erfordert ein hohes Maß an Kommunikation zwischen Abteilungen und Mitarbeitern.
- Konventionell: Verwendung von Mappen, die mit Papier gefüllt und versandt werden.
- Im Entwicklungsprozeß wird: neu entwickelt, geändert, geprüft, freigegeben usw..
D.h. das PDM-System muss in großem Umfang koordinieren und protokollieren.
- Die Umsetzung dieser Problematik erfolgt in verschiedenen PDM-Systemen auf unterschiedliche Art. Hierbei haben sich zwei Varianten herausgebildet.

Workflowmanagement II

1 Workflowmanagement mit definierten Statuszuständen

- Oder „Lifecycle“-Management
- Projektleiter kontrolliert den Fortgang des Projektes anhand von Statuszuständen, die durch definierte Auslöser gekennzeichnet sind.
- Beispiel: „*Auftrag erteilt*“, „*Vorgelegt*“, „*Genehmigt*“ oder „*Freigegeben*“.
- Bei einer solchen Vorgehensweise setzt die Weitergabe eines Dokuments eine vorherige Statusänderung voraus.
- Die Weitergabe von Dokumenten erfolgt mit Hilfe von Verteilern.
- Die Definition dieser Verteiler erfolgt abhängig von der individuellen Struktur des Unternehmens oder in Anlehnung an ein spezielles Projekt.

2 Workflowmanagement mit Verwendung von Mappen

- Analog zur konventionellen Arbeitsweise.
- Die zu erfüllende Aufgabe an sich wird als Objekt gesehen.
- Eine Mappe kann unterschiedliche Stammdokumente enthalten, oder Verweise auf andere Mappen.
- Definition: Eine Mappe hat immer genau einen Besitzer. Dieser hat als einziger das Recht, Änderungen an den enthaltenen Dokumenten vorzunehmen.
- Je nach Implementierung dürfen andere Benutzer die Mappe ansehen.
- Der Besitzer kann die Mappe weitersenden, ohne eine Zustandsänderung auszulösen.

Workflowmanagement - Begriffe

Prozess

Abfolge von definierten Prozessschritten, mit festgelegtem Anfang und Ende
Einem Prozess können Dokumente zugeordnet sein.

Aufgabe

Tätigkeit, die ein Bearbeiter an einem Knoten ausführen muss. Nach Erfüllen der Aufgabe kann der Knoten geschlossen werden und der Workflow wird fortgesetzt.

Bsp.:

- Alle angehängten Zeichnungen drucken
- Stückliste prüfen

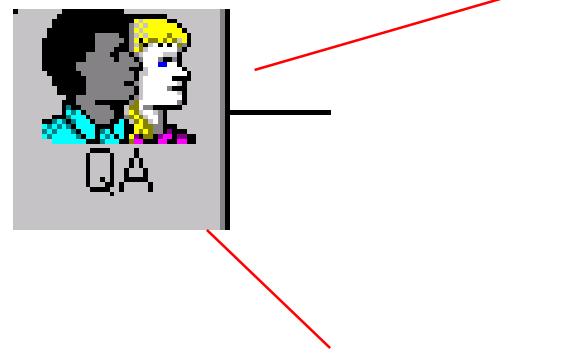
Status

Bearbeitungszustand des Prozesses.
Bsp.:
In Arbeit an Knoten „Freigabe“
Wartend an Knoten „Prüfung“

Knoten

Ein Station innerhalb eines Workflow-Prozesses. Ein Knoten hat i.d.R zwei Ausgänge:

1. Weiter
2. Zurück



Bearbeiter

Der Benutzer, der einen Knoten geöffnet hat.

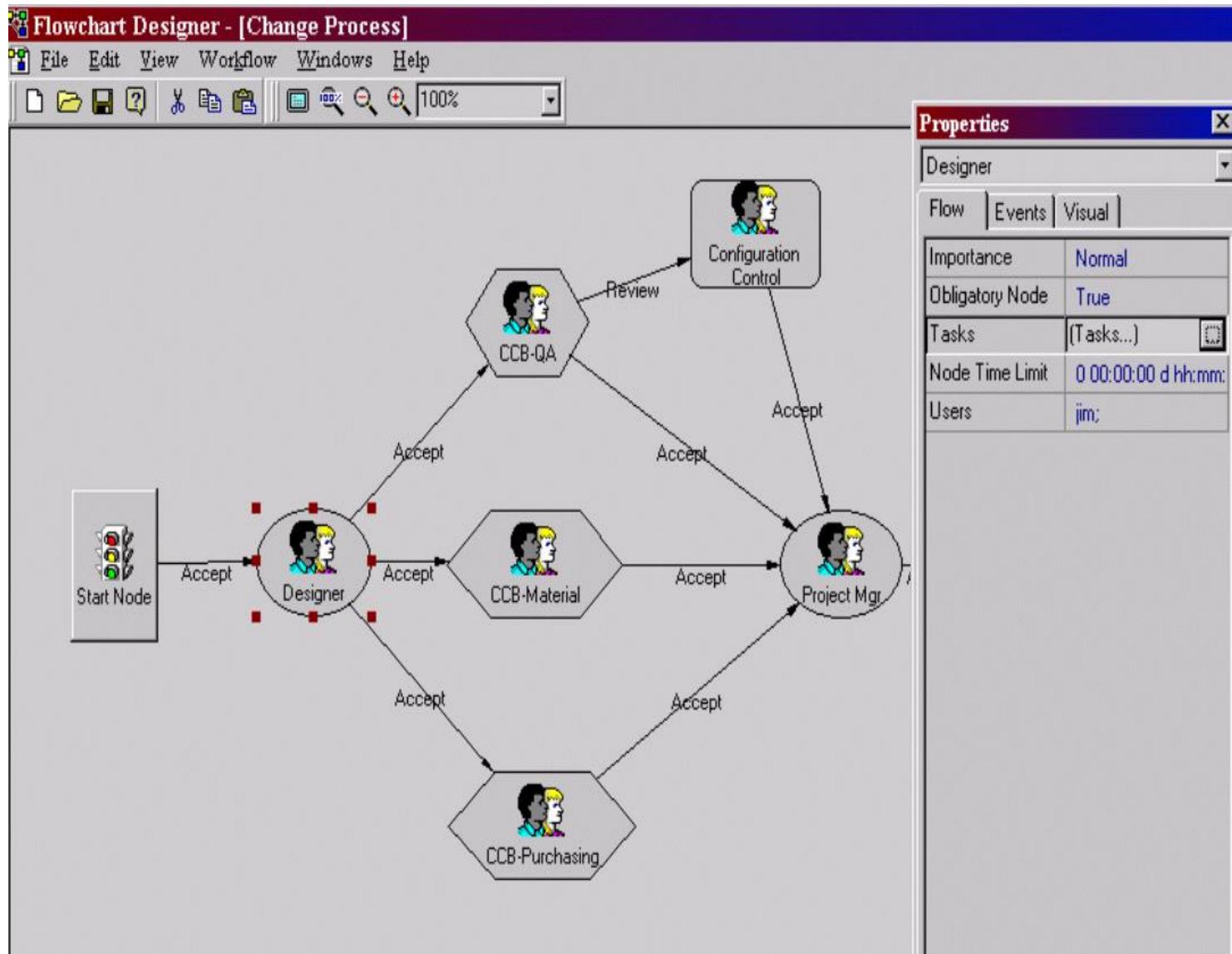
Empfänger

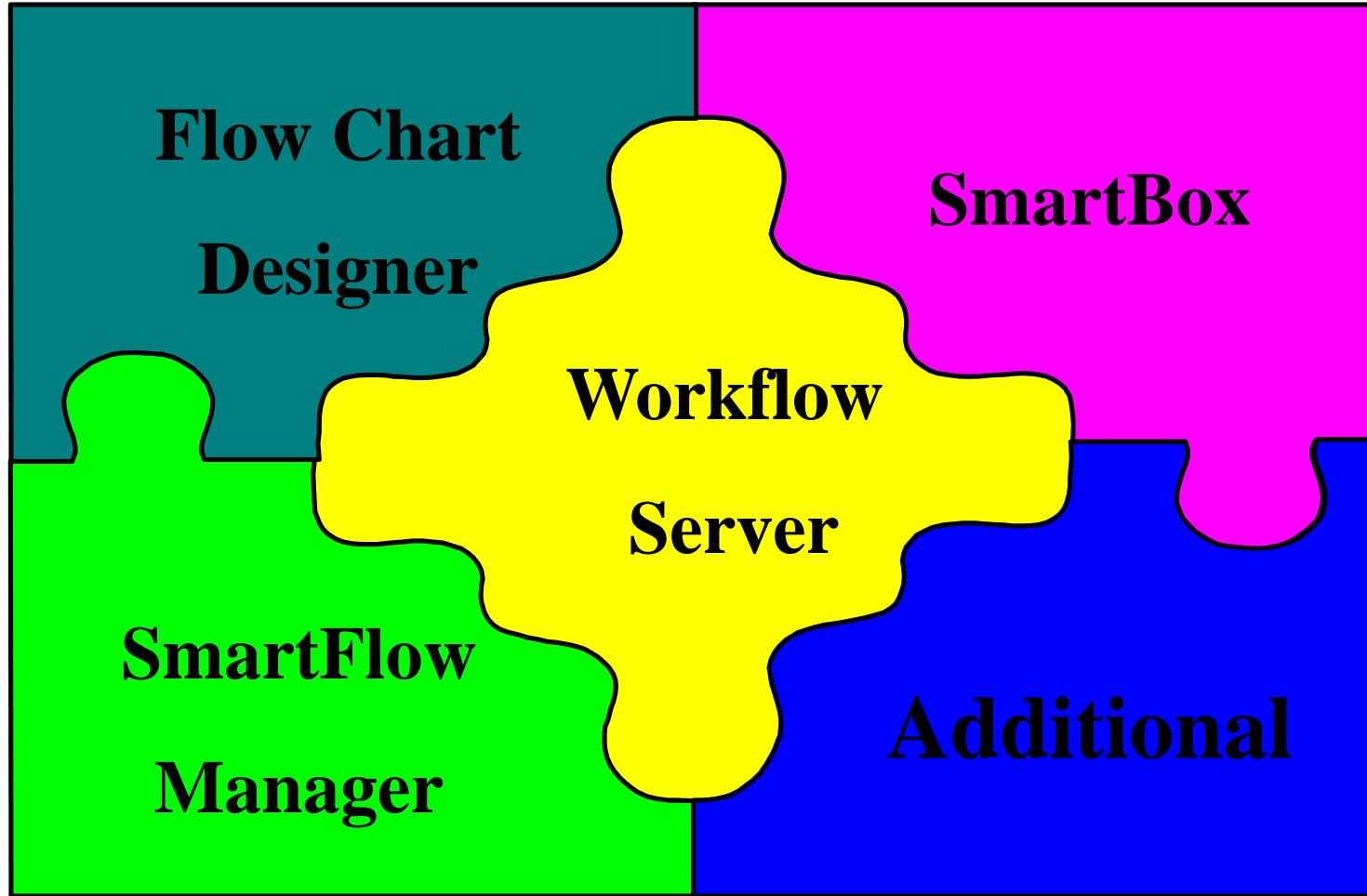
Benutzer / Gruppe

Ein oder mehrere Benutzer des PDM-Systems mit festgelegten Zugriffsrechten. Benutzer können Mitglieder in mehreren Gruppen sein.

Bsp: Joe, Mueller, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Prüfer

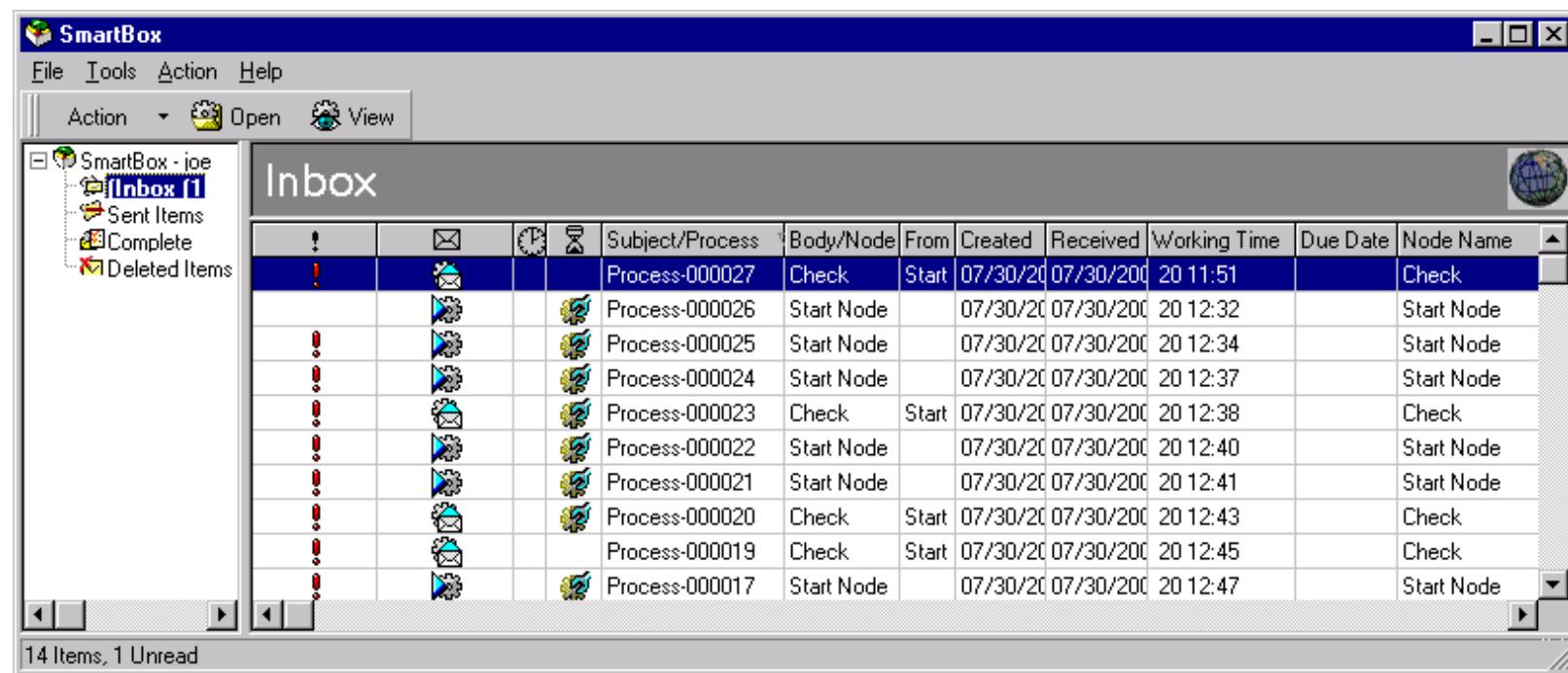
Workflow





SmartBox

- Kommunikationsmedium für Benutzer innerhalb der Workflow-Prozesse
- Funktionen:
 - Starten von Prozessen
 - “Aktuelle” Prozesse anzeigen
 - Bearbeiten der “Tasks”, die dem Benutzer in diesem Prozess zugeordnet sind
 - Weitersenden an den nächsten Prozessknoten



SmartBox 2

General Process

Accept Reject to Start Close Help

General Process

Process-000027

+ Radiallauftrad NX UG-Prt-0000003699

+ rp_ass1.prt UG-Ass-0000000620

+ t1 UG-Prt-0000003698

+ t2 UG-Prt-0000003697

+ t3 UG-Prt-0000003696

+ t4 UG-Prt-0000003695

+ Montagebericht rp_ass1.prt DOC-0068

Profile Card Links Notes Viewer Tasks History Flowchart

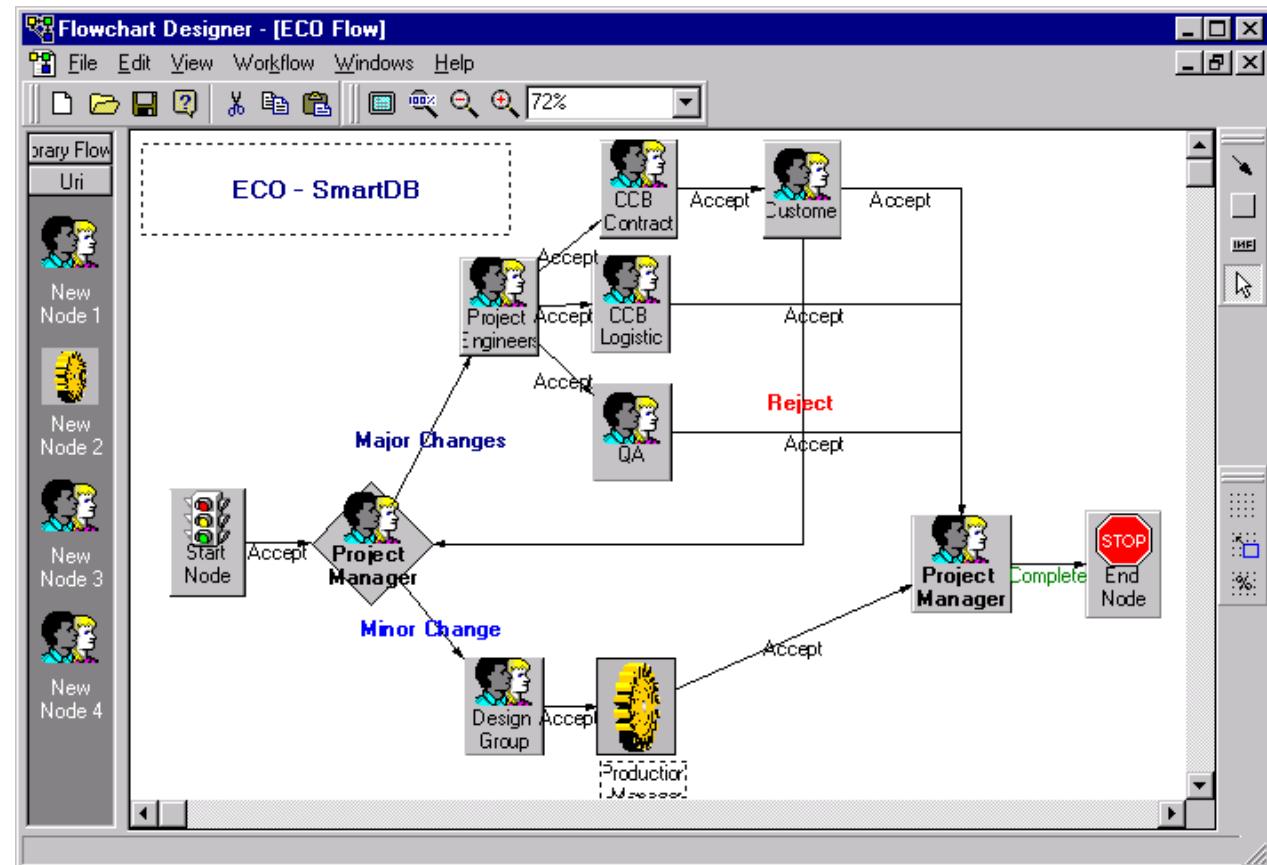
	Node	Response	User	Receive Date	Send Date	Work Time	Node Name
1	Start	Accept	joe	09/16/2003 13:09	16/2003 13:18	0:00:01	Start Node
2	Freigabe	Accept	joe	09/16/2003 13:09	16/2003 13:21	0:00:00	Freigabe Konstruktion
3	Freigabe	Accept	joe	09/16/2003 13:09	16/2003 13:52	0:00:00	Freigabe Entwicklung

Flowchart Designer (1)

Mit dem Flowchart Designer können graphisch interaktiv Prozesse in Form von Flussdiagrammen erstellt und manipuliert werden.

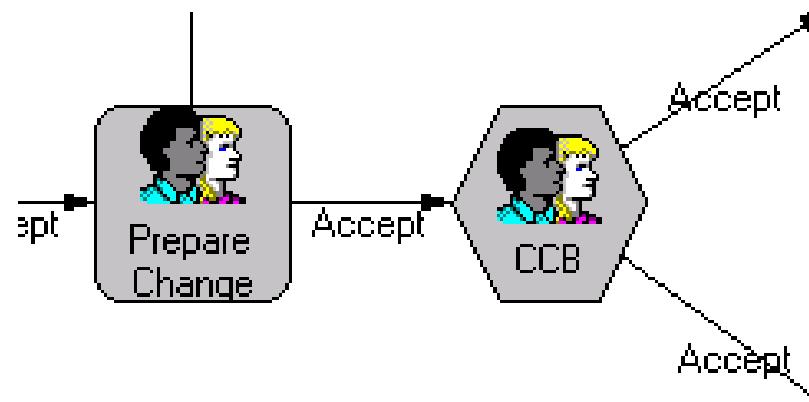
Funktionen:

- Erstellen eines neuen Flowchart
- Modifizieren eines existierenden Flowcharts
- Zuweisen eines Flowchart an einen Prozess



Flow Chart Designer (2)

- Ein Node (Knoten) definiert, welche Aktionen, von wem durchgeführt werden sollen, damit der Prozess zum nächsten Schritt weitergeleitet wird.
- Zuteilung von Benutzern
 - Policy (Hinterlegte Regeln, Verknüpfung durch logisches „Und“ oder „Oder“)
 - Auswahl der Benutzer zur Laufzeit
 - Delegator (Auswahl eines Benutzers, der den Prozess an andere Benutzer delegiert)
- Mit einem „Connector“ wird die Weiterleitung der einzelnen Objekte innerhalb eines Prozesses zwischen den Nodes gesteuert.
 - Reject to Start
 - Reject to previous

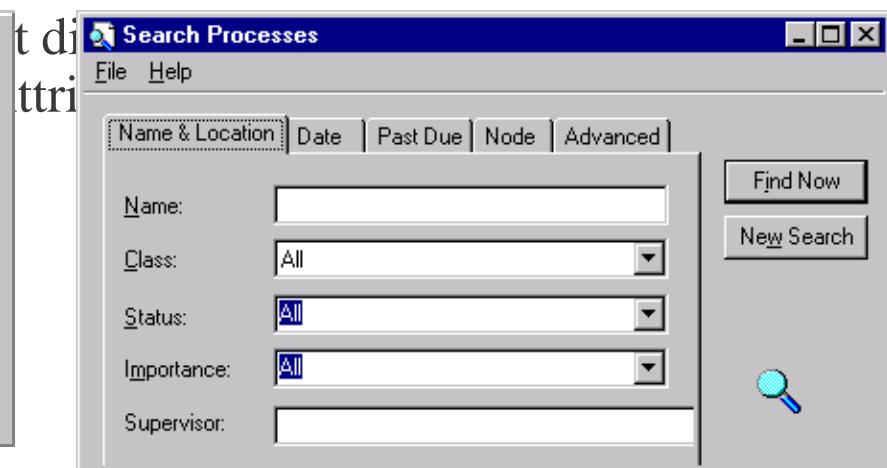
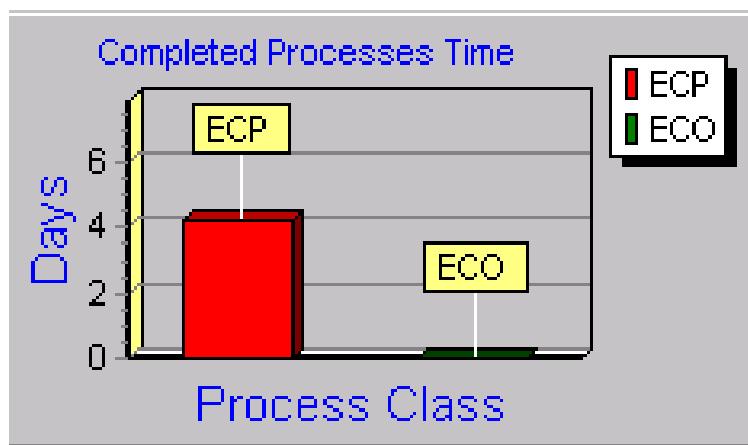


Flow Chart Designer (3)

- Flowchart Eigenschaften
 - Importance; Supervisor Time Limit
- Verknüpfte Objekte
 - flow object security; object sharing
- Zuweisen von Aufgaben (Tasks) an Nodes
 - Add Manual Task; Assigning an Event to a Node

WorkFlow Manager

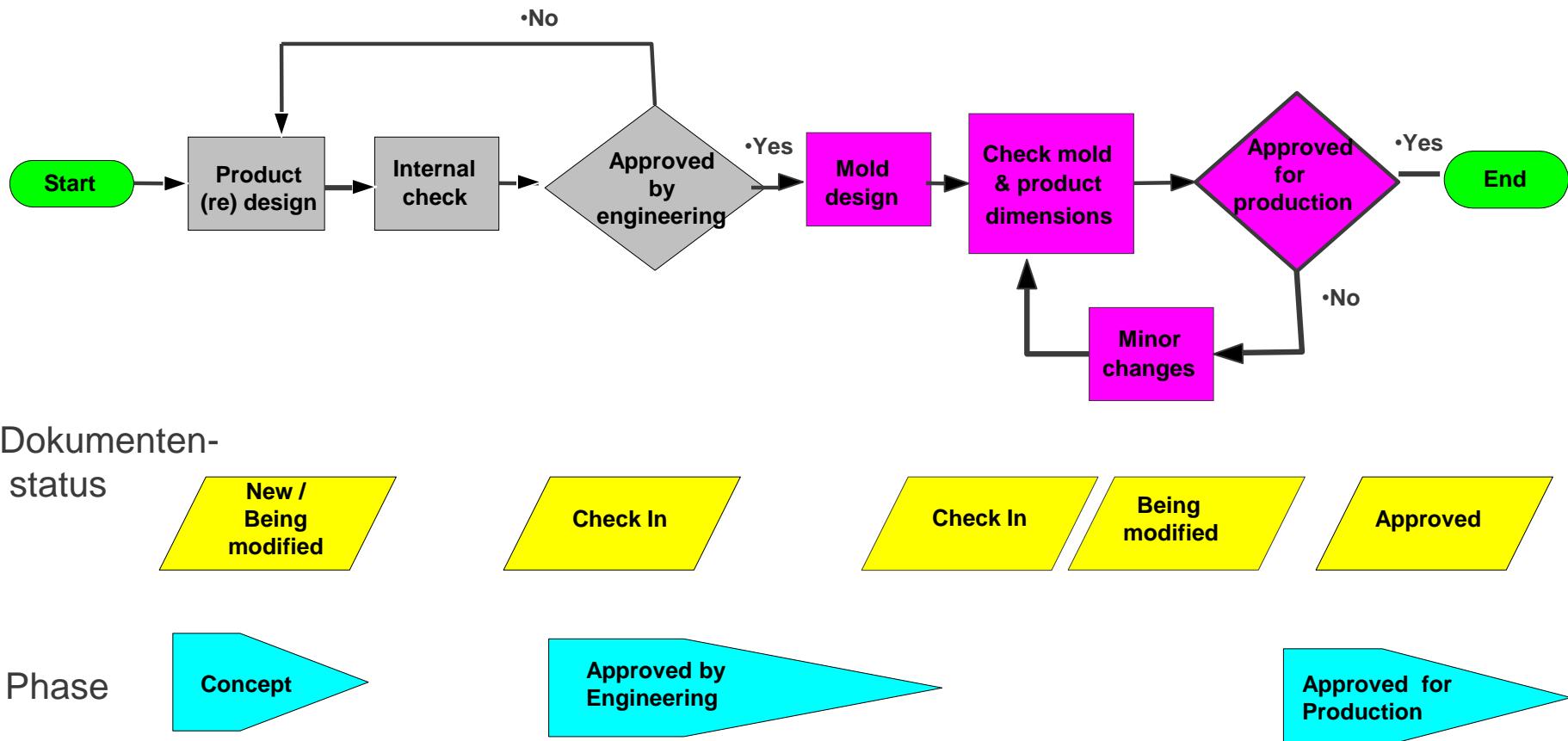
- Ein Supervisor kann Workflow-Prozesse beobachten, nachverfolgen und strategische Entscheidungen treffen
- Ein Manager kann
 - erkennen welche Tasks überfällig sind
 - Review über den Workflow Status
 - im laufenden Betrieb den Prozesslauf verändern, um Engpässe zu beseitigen



SmartFlow Server

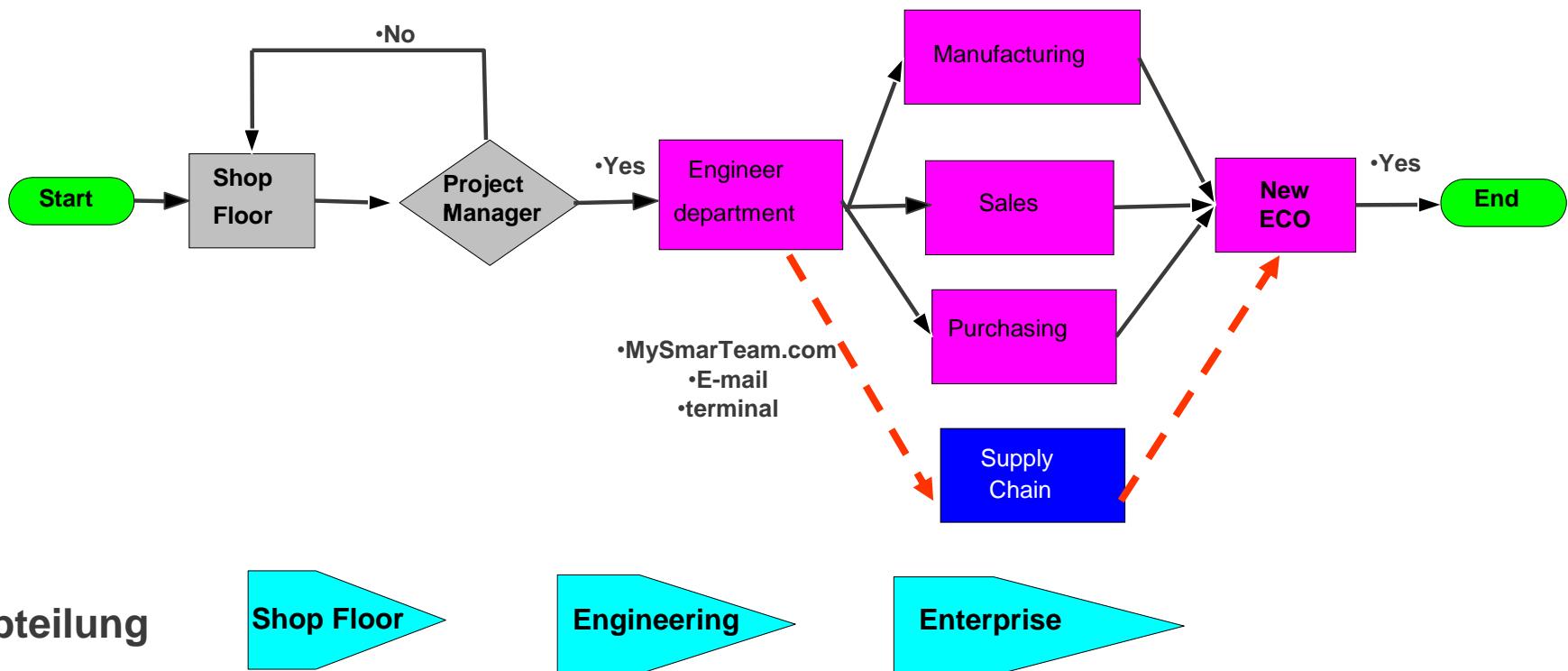
- In definierten Zeitintervallen wird die Datenbasis durch den SmartFlow Server dahingehend geprüft, welche Prozesse an den nächsten Node geschickt werden können.
- Erlaubt mehrere gleichzeitige Datenbank-Verbindungen
- Skalierbare Lösungen durch den gleichzeitigen Einsatz von parallelen Servern
- Durch zentrale Steuerung aller Prozesse werden die Ressourcen der Clients entlastet

Prozessbeispiel – Zeichnungsfreigabe

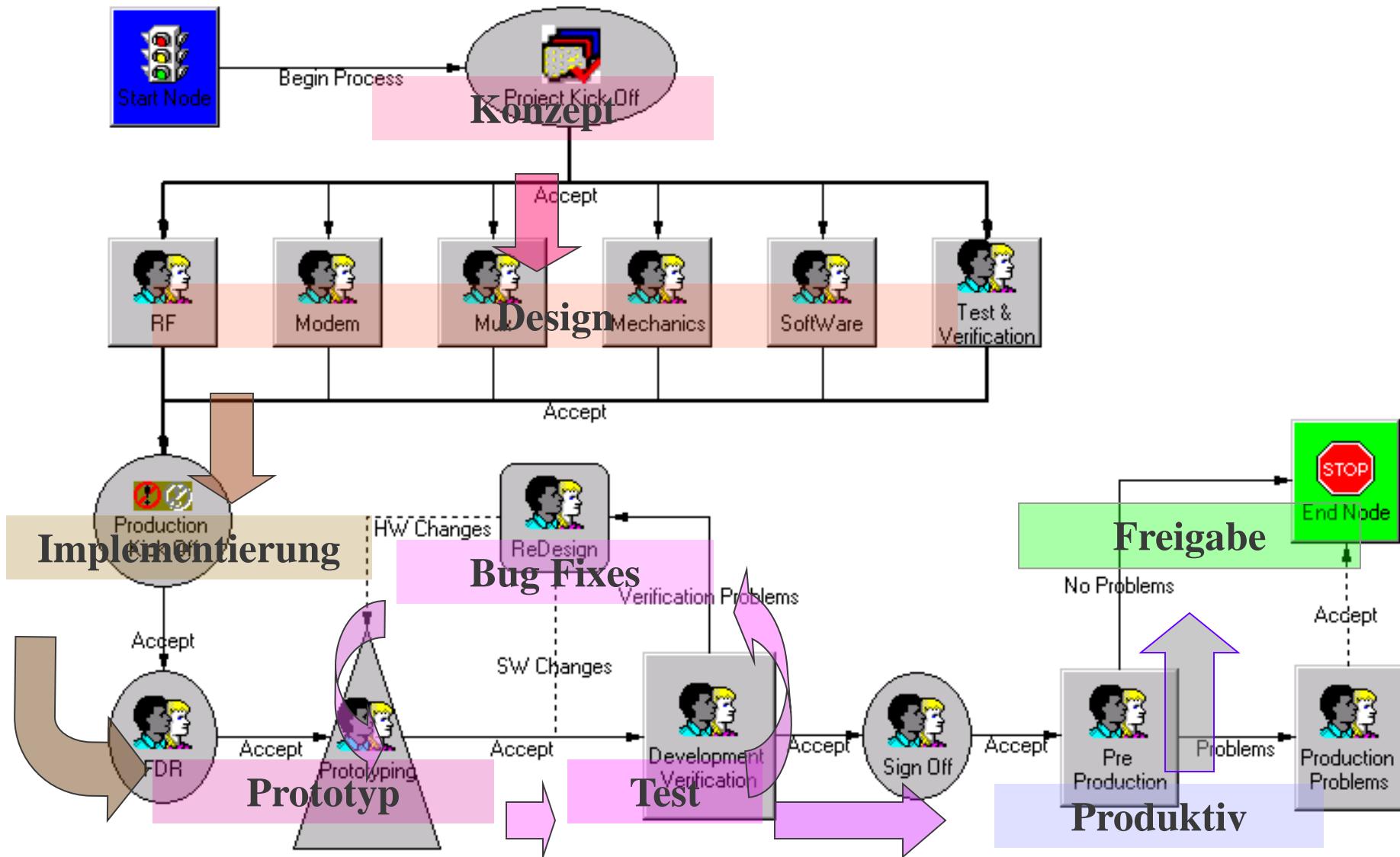


Prozessbeispiel – ECO (Engineering Change Order. Änderungsanweisung)

Möglichkeit der Zusammenarbeit für Projekt-Teams über das gesamte Unternehmen und innerhalb der Supply Chain



Prozessbeispiel 3



Arbeitsprotokollverwaltung

Die Arbeitsprotokollverwaltung ist ein Hilfsmittel für die Prozesskontrolle und Revision. Sie beinhaltet die Verfolgung aller Ereignisse im Zuge der Projektabwicklung. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Art der Protokollierung. Die verfügbaren PDM-Systeme unterscheiden sich hinsichtlich des Umfangs der protokollierten Ereignisse:

Im einfachsten Fall protokolliert das PDM-System jeden Wechsel des Besitzes an einem Dokument. Damit lässt sich im nachhinein zwar feststellen, wer zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Datei bearbeitet hat, es kann jedoch keine Aussage über die Art der vorgenommenen Änderung gemacht werden.

Andere Systeme halten eine Abfolge von Momentaufnahmen fest. Hierbei wird beispielsweise jeder Übergang eines Dokuments in einen anderen Status protokolliert. Da jedoch die Bearbeitung eines Dokuments durchaus mehrere Wochen dauern kann, in denen das Dokument in dem gleichen Statuszustand verbleibt, können bei dieser Art der Protokollierung erhebliche Lücken entstehen.

Den größtmöglichen Informationsgehalt bieten Systeme, die es erlauben die Stufen der Protokollierung frei einzustellen. Hier kann im Extremfall bei jedem Speichervorgang einer Datei ein Eintrag im Protokoll vorgenommen werden. Damit ermöglichen solche Systeme eine umfassende Revision des Projektablaufs. Je feiner die Abstufungen innerhalb des Arbeitsprotokolls gestaltet werden, desto größer wird die benötigte Speicherkapazität der verwendeten Datenbank.

Agenda

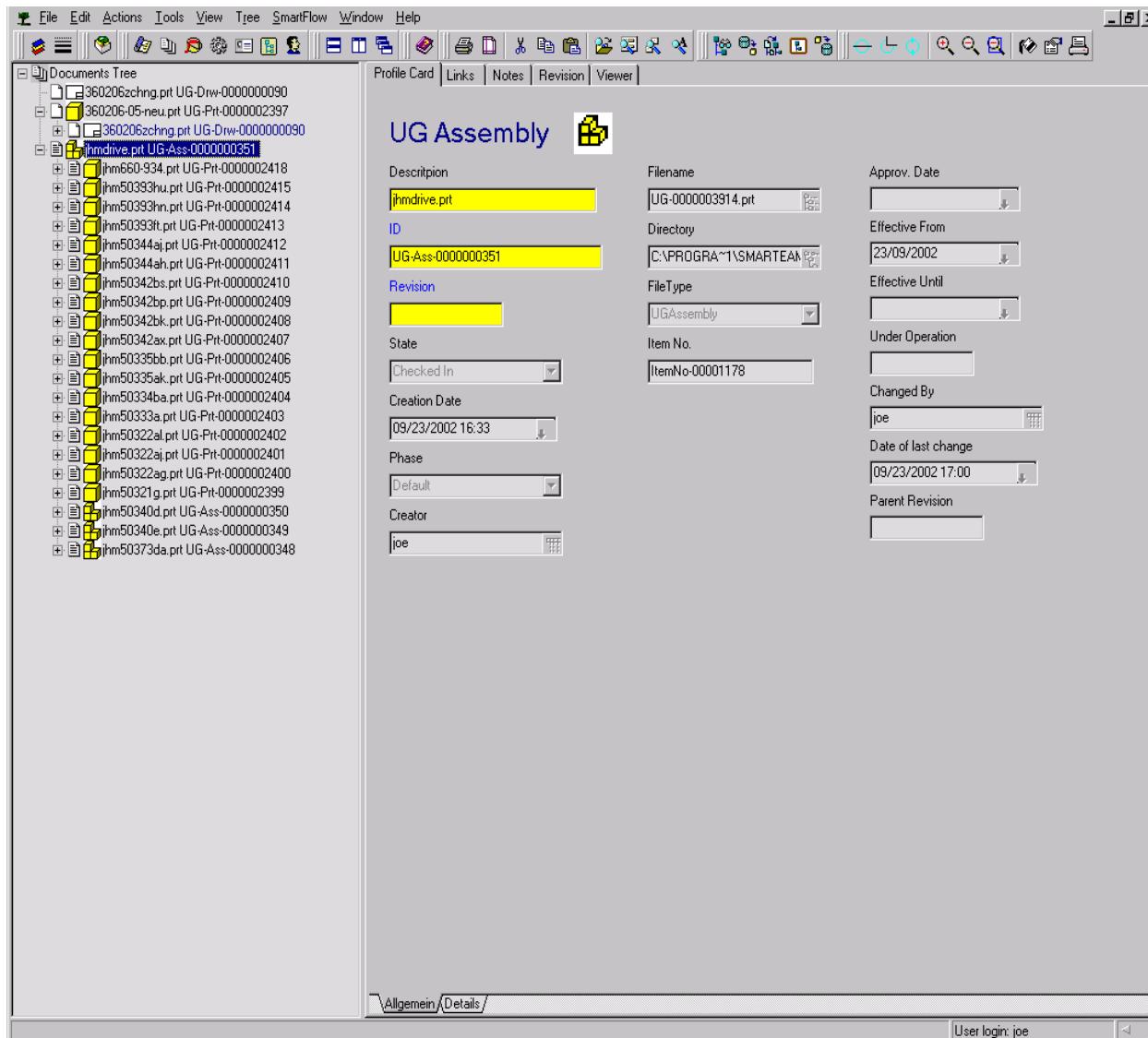
- PDM – Was ist das?
- PDM und CAx – Engineering IT-Systeme
- Aufbau und **Funktion** von PDM-Systemen
- PDM / PLM
- PDM-Einführung

PDM-Module

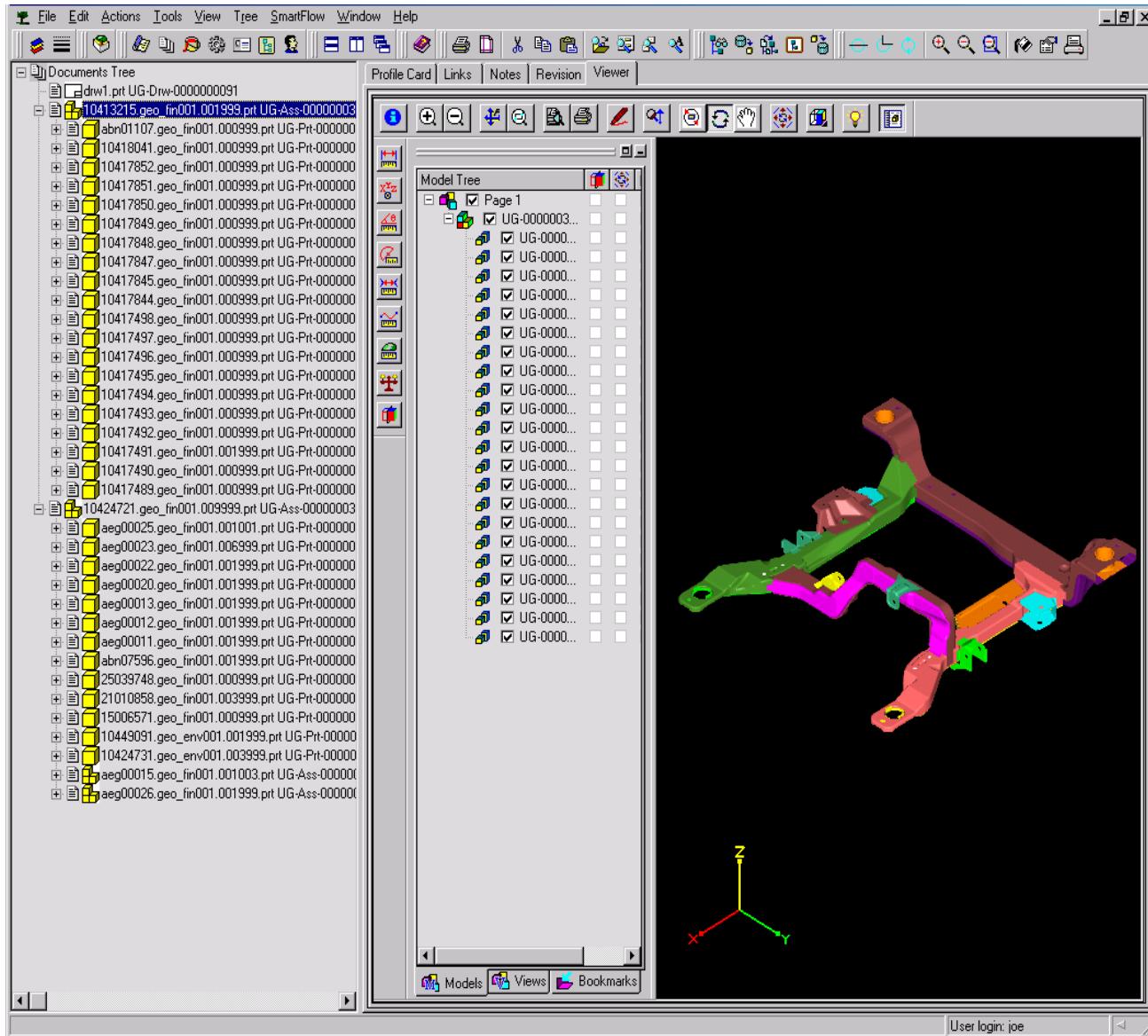
- Part-, Assembly- & Dokumentenmanagement
- Konfiguration Klassifikation
- Integrationen / CAD-2D/3D
 - Workflow
 - Web User Interface
 - Offene Systeme (UX/NT)
 - PlotManagement
- Supply Chain Management
- Customer Relationship Mgt.



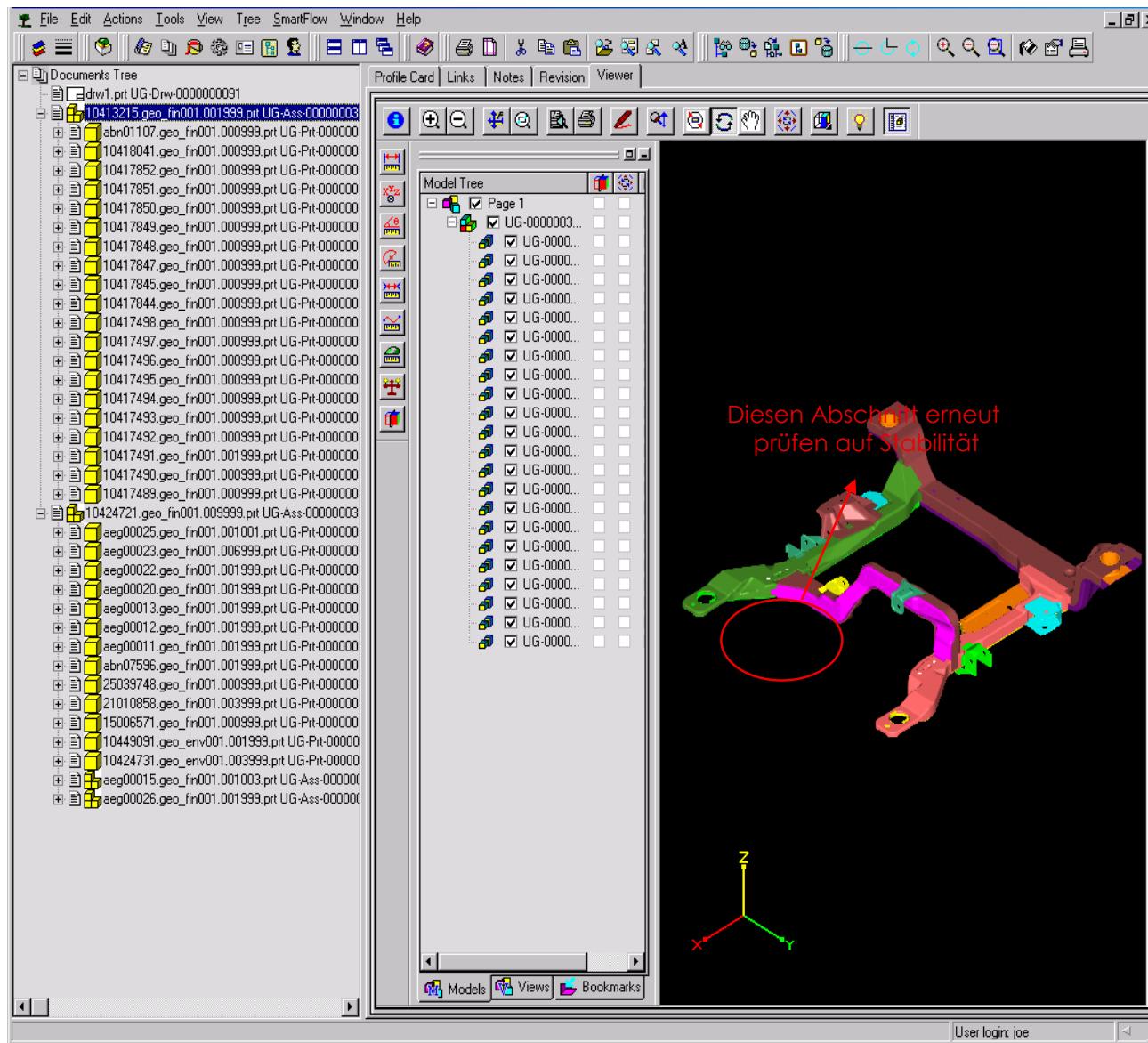
PDM Client-Anwendung



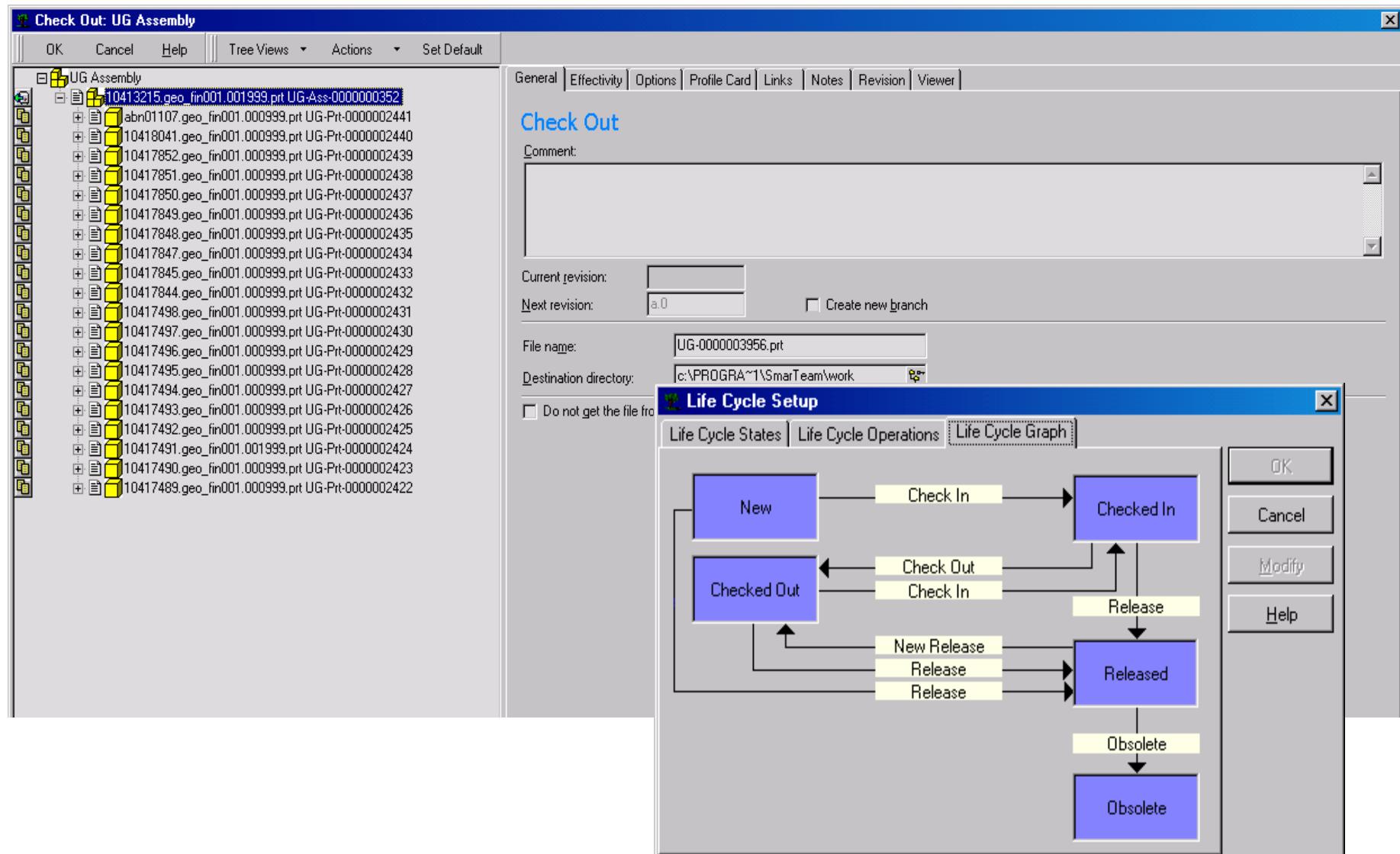
PDM: Integrierter Viewer



Integrierter Viewer / Redlining



Lebenszyklus - Status



Artikelverwaltung / Stücklisten

ItemNo-00001220 BOM White Board - Multi Level

Part Number	Class Name	Quantity	Reference Designator	Revision	Description	Notes	Doc
ItemNo-00001220	Component				throttle.assm.001.prt		
ItemNo-00001202	Component	1			10112734.part.001.prt		
ItemNo-00001203	Component	1			10123741.part.001.prt		
ItemNo-00001204	Component	1			10133127.part.001.prt		
ItemNo-00001208	Component	1			10138976.part.001.prt		
ItemNo-00001209	Component	1			10145189.part.001.prt		
ItemNo-00001210	Component	1			10147891.part.001.prt		
ItemNo-00001211	Component	1			10174691.part.001.prt		
ItemNo-00001212	Component	1			10181223.part.001.prt		
ItemNo-00001213	Component	1			10189534.assm.001.prt		
ItemNo-00001214	Component	1			90132786.item.001.prt		
ItemNo-00001215	Component	1			90149531.item.001.prt		
ItemNo-00001216	Component	1			anti-diesel.part.001.prt		
ItemNo-00001217	Component	1			spacer.part.001.prt		
ThrustAssm.00001210	Component					

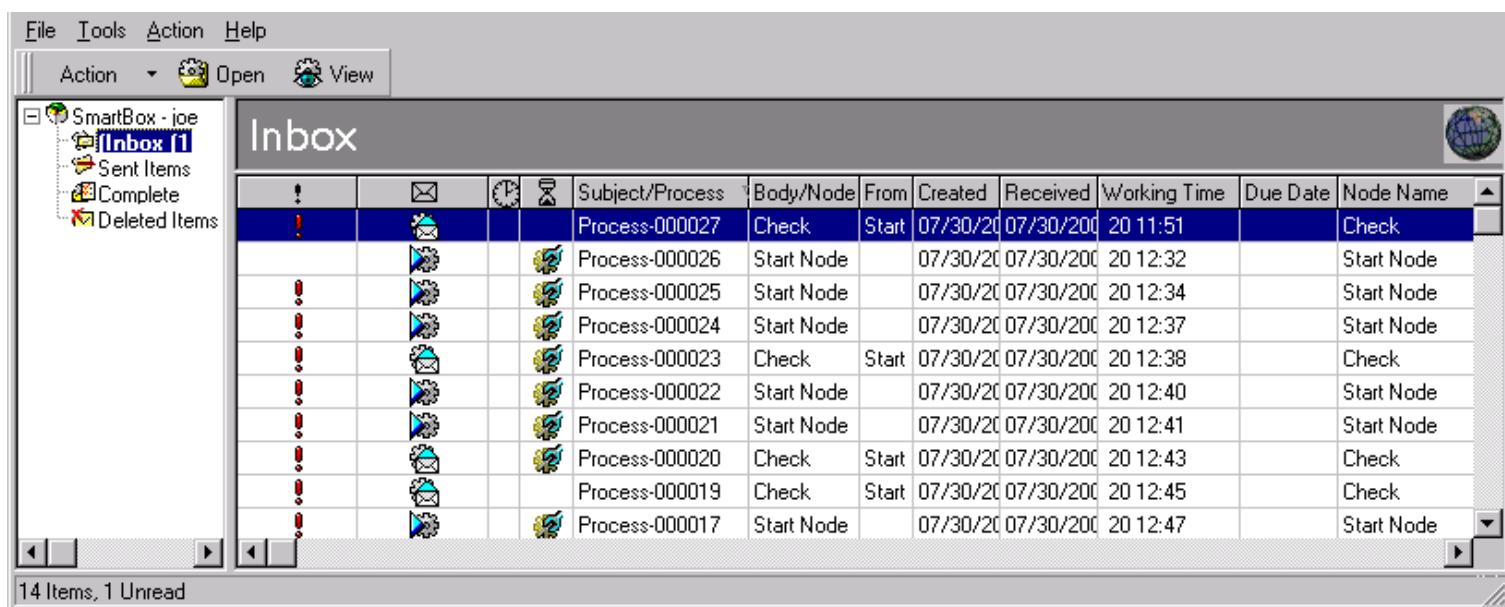
Properties | Reference Designator | Where Used | Changes History | Documents

Review	Name	Revision	File Name	File Type	Description	State	Phase
	UG-Prt-0000002...		UG-0000003962.prt	UGPart	10112734.part.001.prt	Checked In	Default

View Mode: Multi Level | Redline: On

Workflow

- Kommunikationsmedium für Benutzer innerhalb der Workflow-Prozesse
- Funktionen:
 - Starten von Prozessen
 - “Aktuelle” Prozesse anzeigen
 - Bearbeiten der “Tasks”, die dem Benutzer in diesem Prozess zugeordnet sind
 - Weitersenden an den nächsten Prozessknoten



Workflow (2)

General Process

Accept Reject to Start Close Help

Profile Card Links Notes Viewer Tasks History Flowchart

	Node	Response	User	Receive Date	Send Date	Work Time	Node Name
1	Start Node	Accept	joe	09/16/2003 13:09	16/2003 13:18	0 00:01	Start Node
2	Freigabe Konstruktion	Accept	joe	09/16/2003 13:09	16/2003 13:21	0 00:00	Freigabe Konstruktion
3	Freigabe Entwicklung	Accept	joe	09/16/2003 13:09	16/2003 13:52	0 00:00	Freigabe Entwicklung

File Edit Actions Tools View Tree SmartFlow Window Help

Accept Close Help

Profile Card Links Notes Viewer Flowchart

```
graph LR; StartNode[Start Node] --> Review1{Pruefen}; Review1 --> Review2{Freigaben}; Review2 --> EndNode[End Node]
```

Engineering Release

Process-000019

10413215.geo_fin001.001995

User login: joe

Schnittstellen / Integrationen



Bedeutung von Schnittstellen

Da das PDM-System in erster Linie nicht zum Selbstzweck sondern z.B. von Konstrukteuren während ihrer Arbeit mit dem CAD-System genutzt wird, sind die Schnittstellen von PDM zu Anwendungsprogrammen (wie CAD-Systemen) besonders wichtig.

Eine Integration muß mindestens in der Lage sein,

- die Dateien des CAD-Systems (bzw. des angebundenen Systems) anzuzeigen, (Viewing)
- das CAD-System aus dem PDM-System heraus starten können und
- das ausgewählte Dokument zu laden
- ein bearbeitetes Dokument vom CAD-System aus in PDM abzuspeichern

Generell alle PDM-Funktionalität innerhalb der Benutzeroberfläche
des CAD-Systems anbieten.

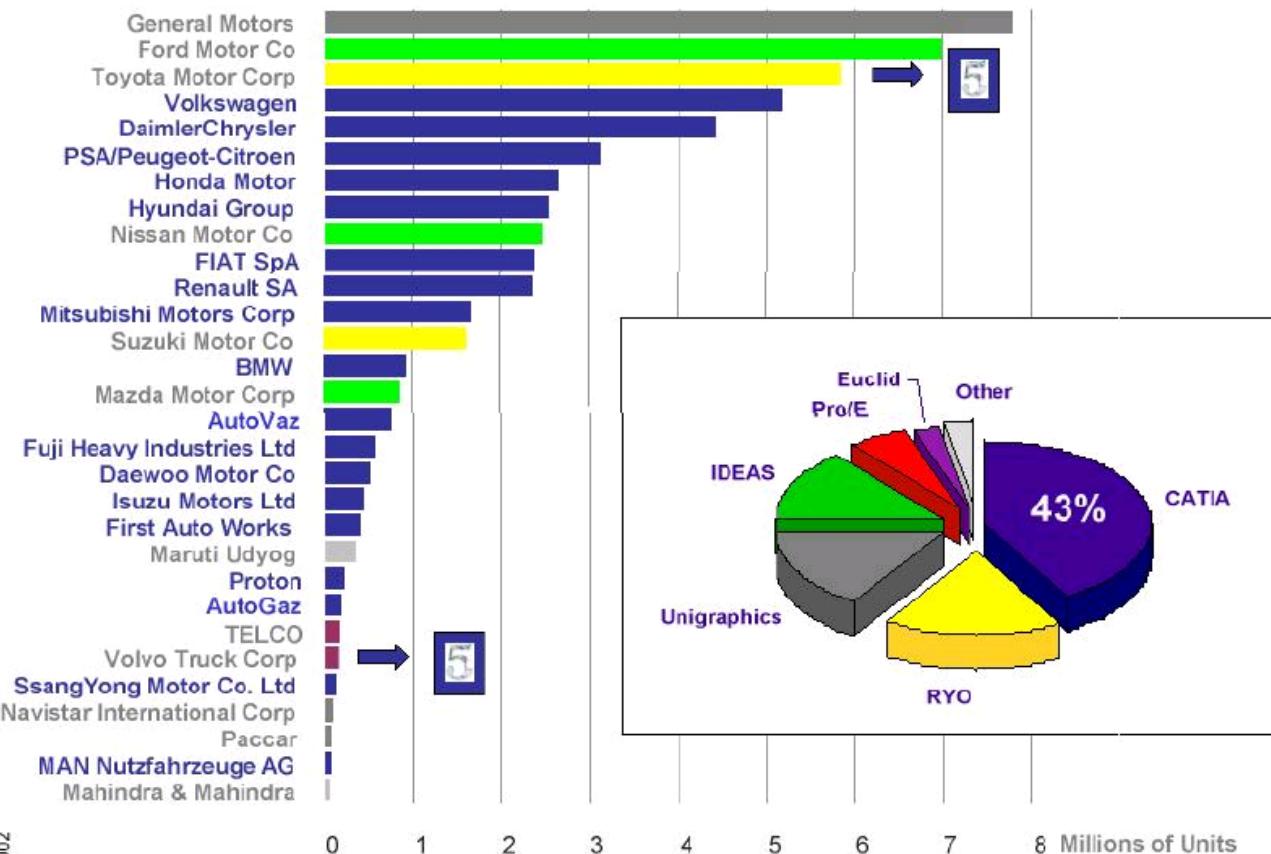
Schnittstellen zu CAD - Funktionalität

- **Start des CAD-Systems** aus dem PDM-System. Bei Auswahl des PDM-Befehls “*Bearbeiten*” für ein CAD-Dokument wird das CAD-System automatisch gestartet und das ausgewählte Dokument wird in das CAD-System geladen.
- **Viewing** bietet die Möglichkeit bei Anwahl der entsprechenden Profilkarte innerhalb des PDM-Systems, eine bildliche Darstellung der CAD-Datei abzurufen.
- Die Verwendung von baumartigen **Baugruppenstrukturen** mit beliebiger Tiefe soll von der Schnittstelle unterstützt werden.
- Innerhalb des CAD-Systems muß der **Zusammenhang** der **CAD-Elemente** zu den zugehörigen **SmarTeam-Dokumenten** erhalten bleiben.
- Die benötigten **PDM-Funktionalitäten** müssen **innerhalb** des **CAD-Systems** angeboten werden. So werden unnötige Programmwechsel zwischen CAD- und PDM-System vermieden. Außerdem muß in diesem Falle nicht an jedem Arbeitsplatz das vollständige PDM-System installiert sein.
- Die automatische Erstellung von **Stücklisten** innerhalb des CAD-Systems anhand der Informationen der Dokumentenstruktur aus dem PDM-System muß unterstützt werden.
- **Title Block Management.** Unter diesem Begriff wird die Möglichkeit verstanden, Attribute, wie zum Beispiel die Texte im Schriftfeld einer CAD-Zeichnung zwischen beiden Systemen auszutauschen.

CAD Market Share in Automotive



PLM Market Share – Top 30 Automotive OEMs by Production 2001



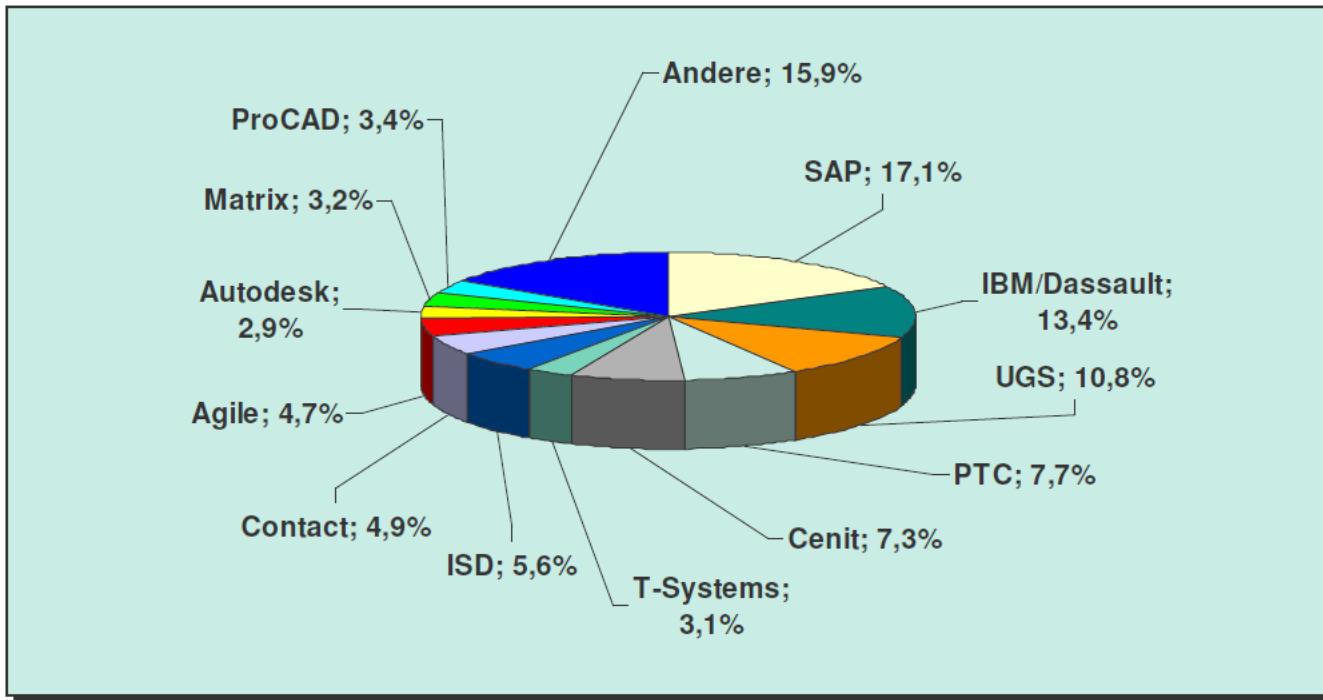
20 of the Top 30 Automotive OEMs will Depend on CATIA for Product Design

Product Lifecycle Management



Quelle: IBM

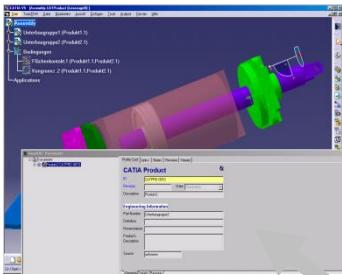
Anteile am gesamten PDM-Software-Umsatz in Deutschland



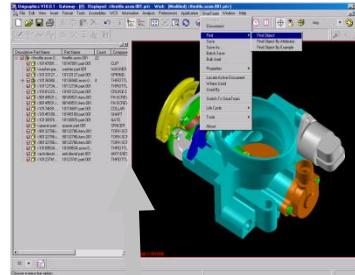
Quelle : eDM-Report, 2/2007

Multi-CAD PLM

Catia



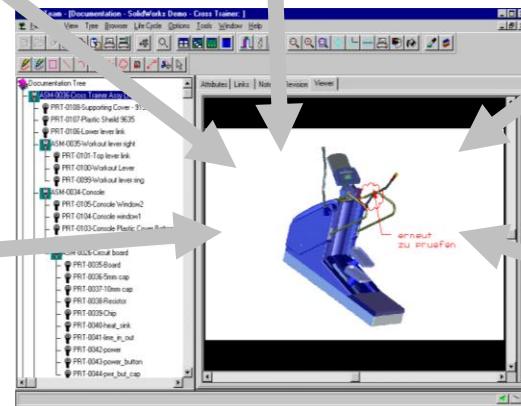
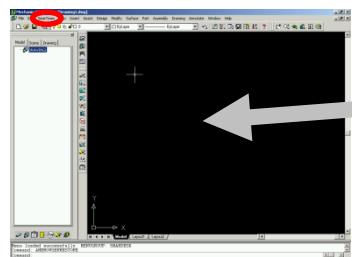
Unigraphics



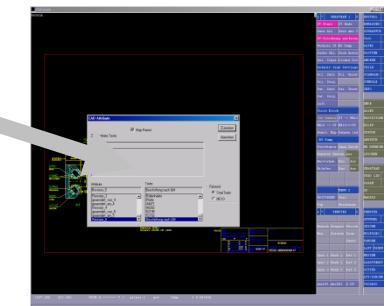
I-DEAS



AutoCad / MDT

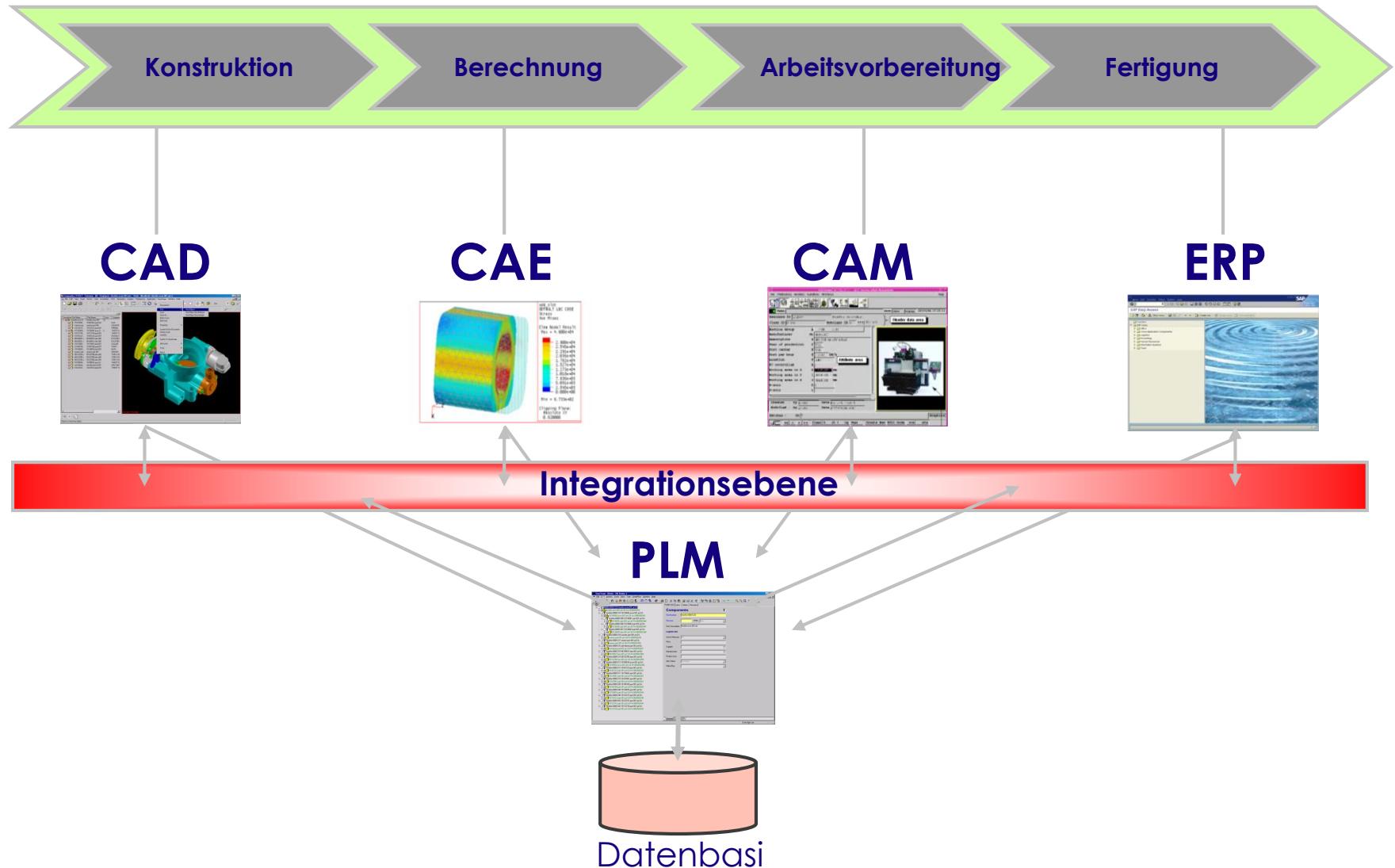


ME10



PLM

PLM als Integrationsmittelpunkt



Integration CAD-PLM

CAD-Systeme

- 3D-CAD
- Feature-Technologie
- Objektorientierte Systeme

OOSE

- C++
- COM, DCOM
- MFC

PLM-Systeme

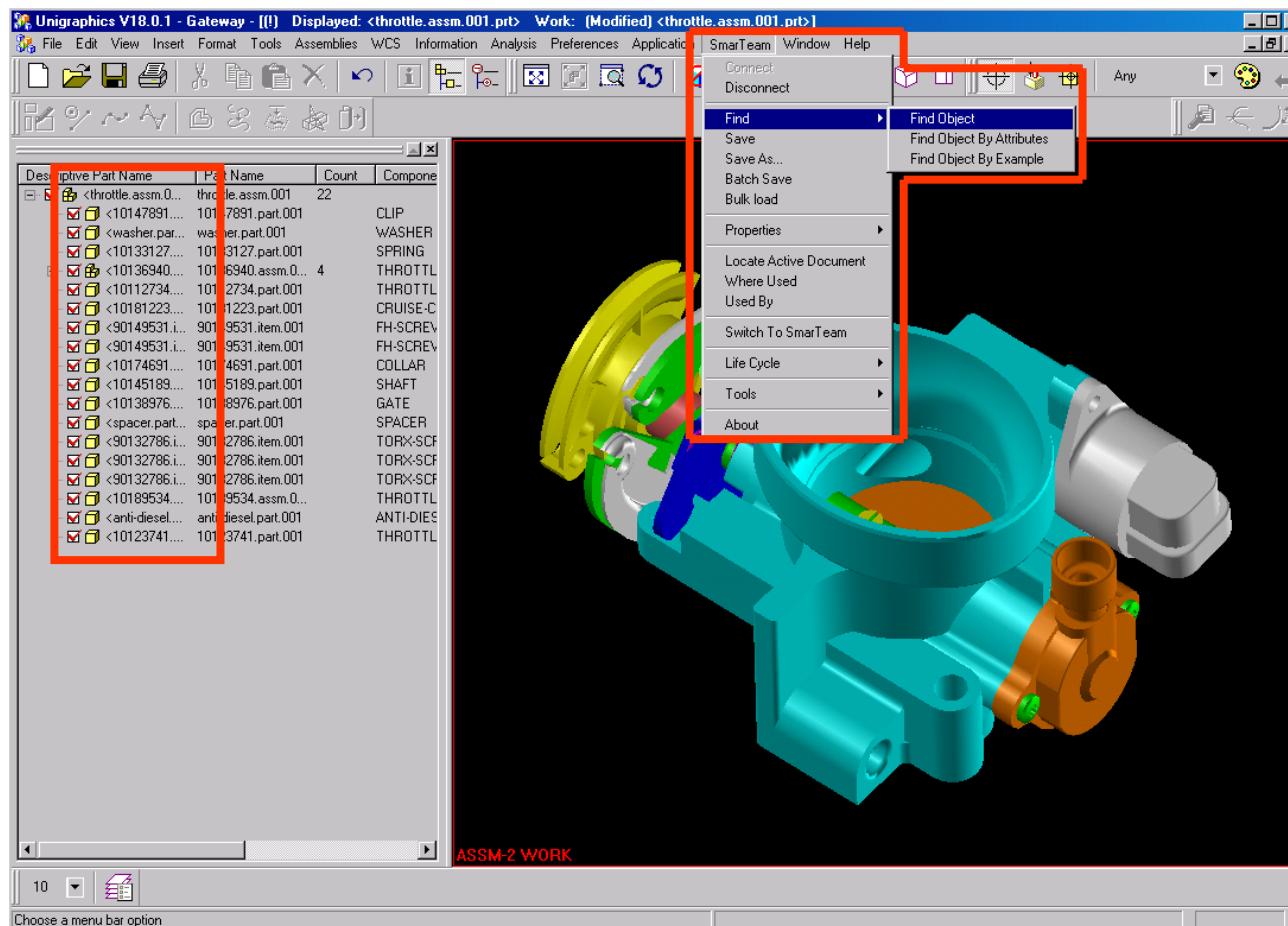
- Lifecycle
- Konfiguration
- Datenbank

Die CAD-Integration muss

- alle Mechanismen des CAD-Systems unterstützen!
- die Arbeitsabläufe der Konstruktion abbilden!
- den Mehrwert des PLM-Systems für den Benutzer eindeutig herausstellen!
- das PLM-System als das führende System im Sinne des Produktmodells etablieren!

CAD-PLM Integration

Grundsätzliches Design

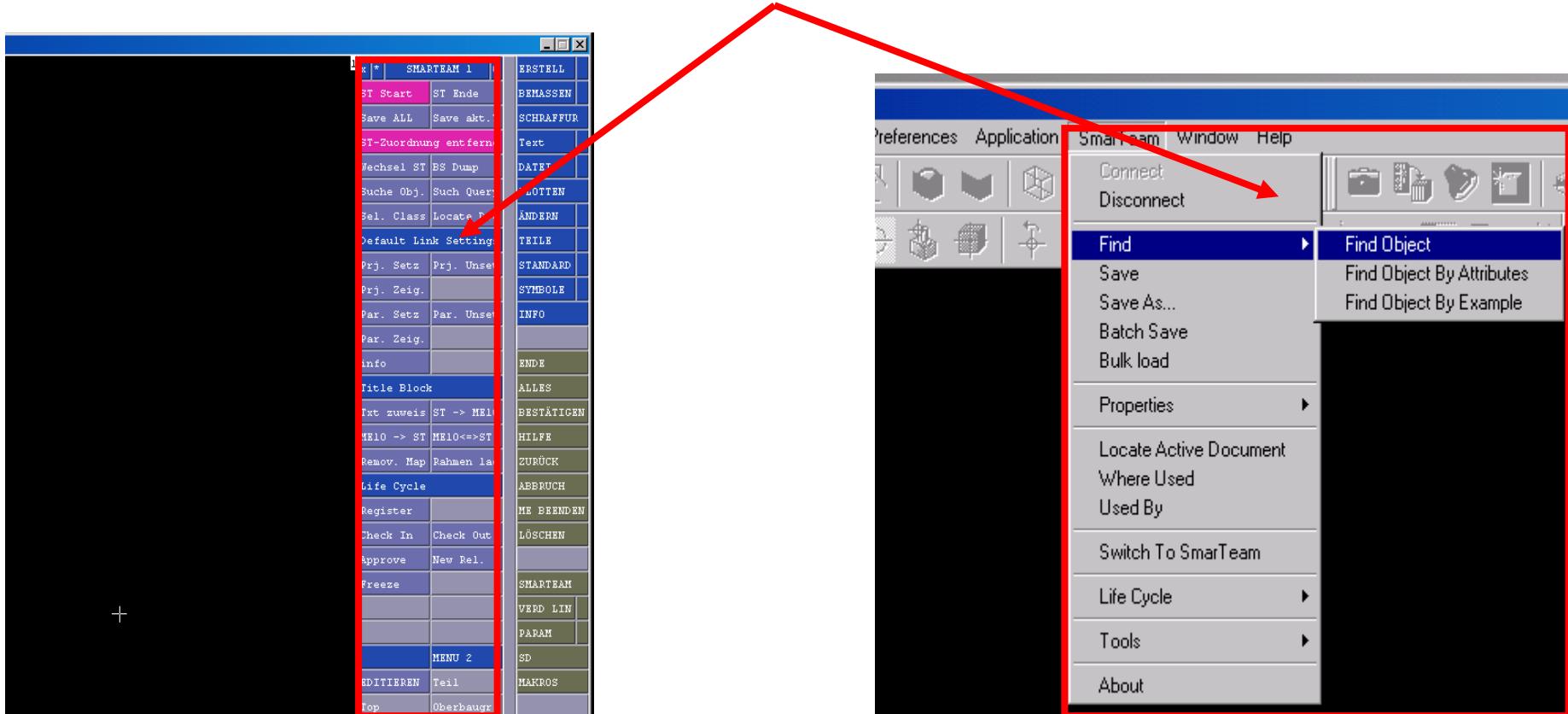


Benötigte PLM-Funktionen innerhalb des CAD-Systems

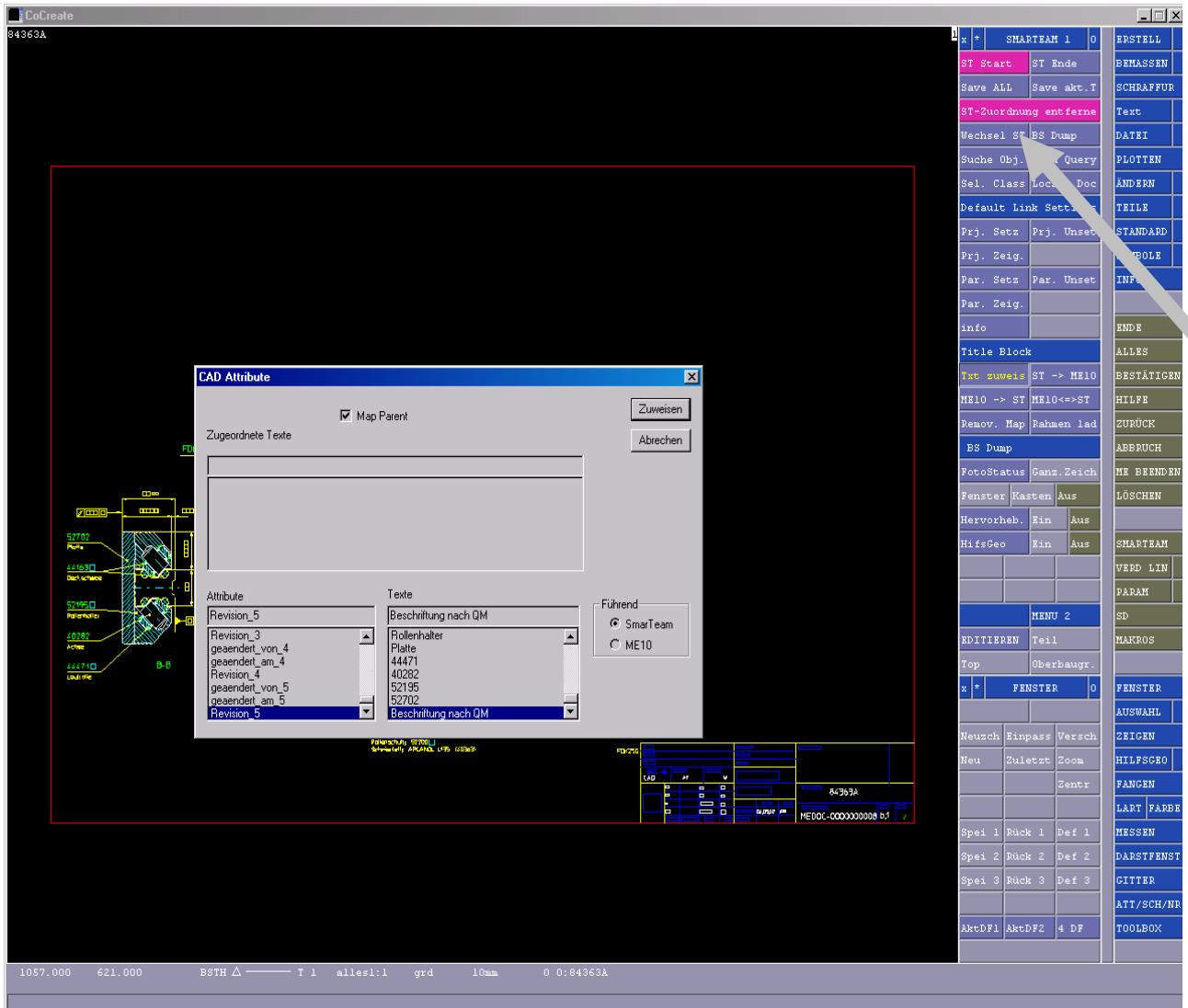
Informationen des PLM-Systems

Schnittstellen Konzept I

- PDM Funktionen in CAD
- Keine Modifikation an CAD Funktionen

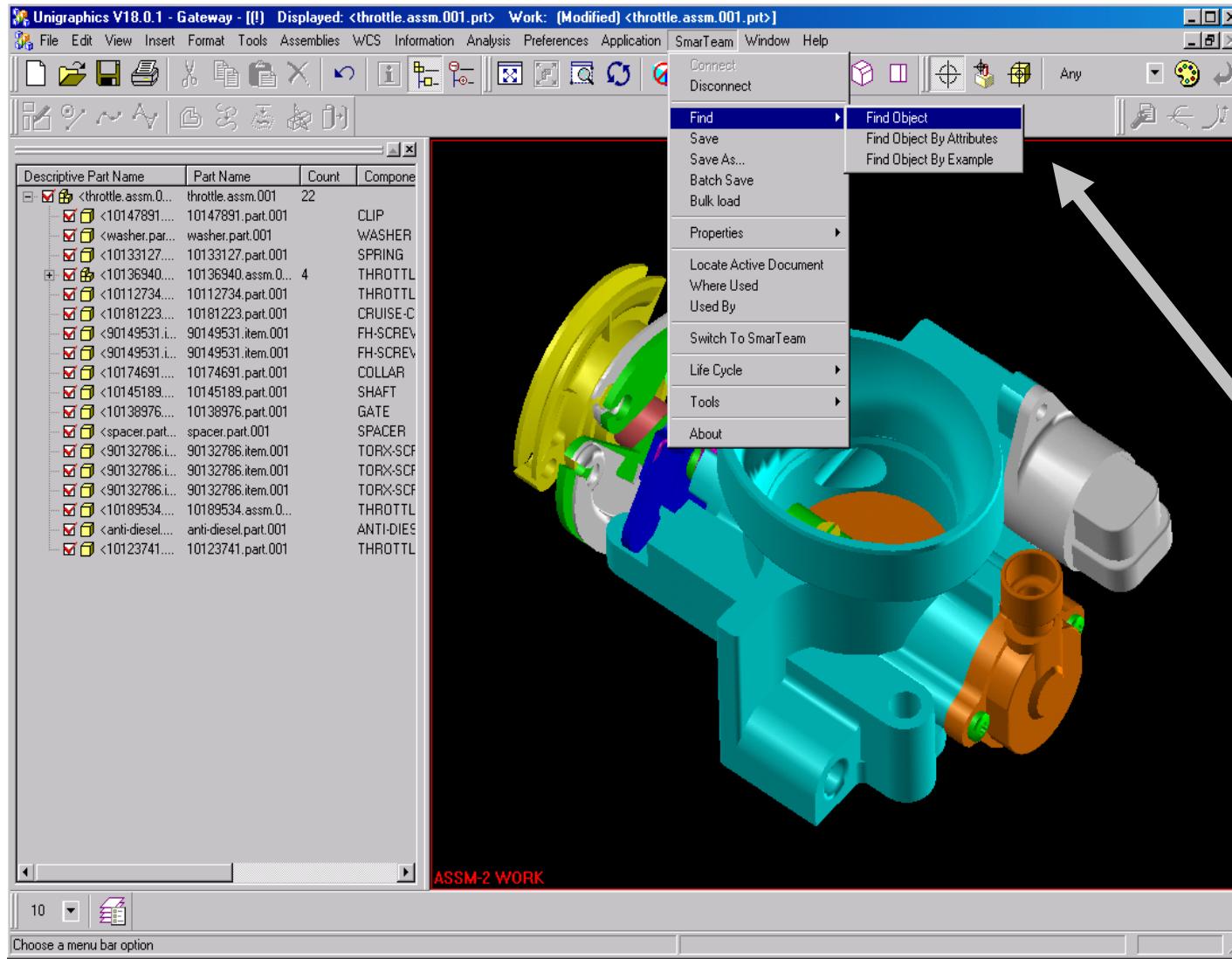


CAD Schnittstelle 2D-CAD (ME10)



SmarTeam Menu in
ME10 für benötigte
PDM- Funktionalität

CAD Schnittstelle 3D (UG)

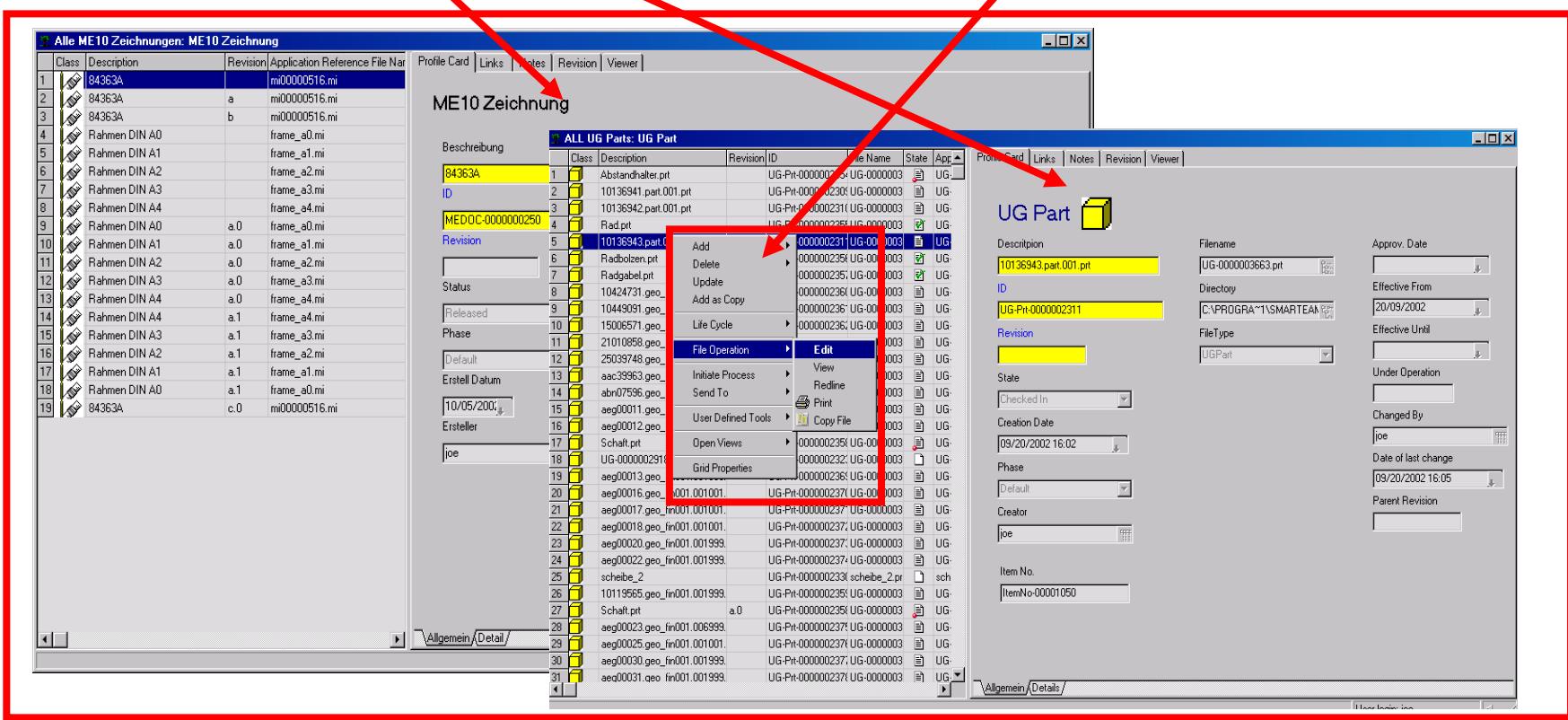


SmarTeam Menu in UG
für benötigte PDM-
Funktionalität

Schnittstellen Konzept II

- einheitliche Datenverwaltung

- einheitliche Funktionen

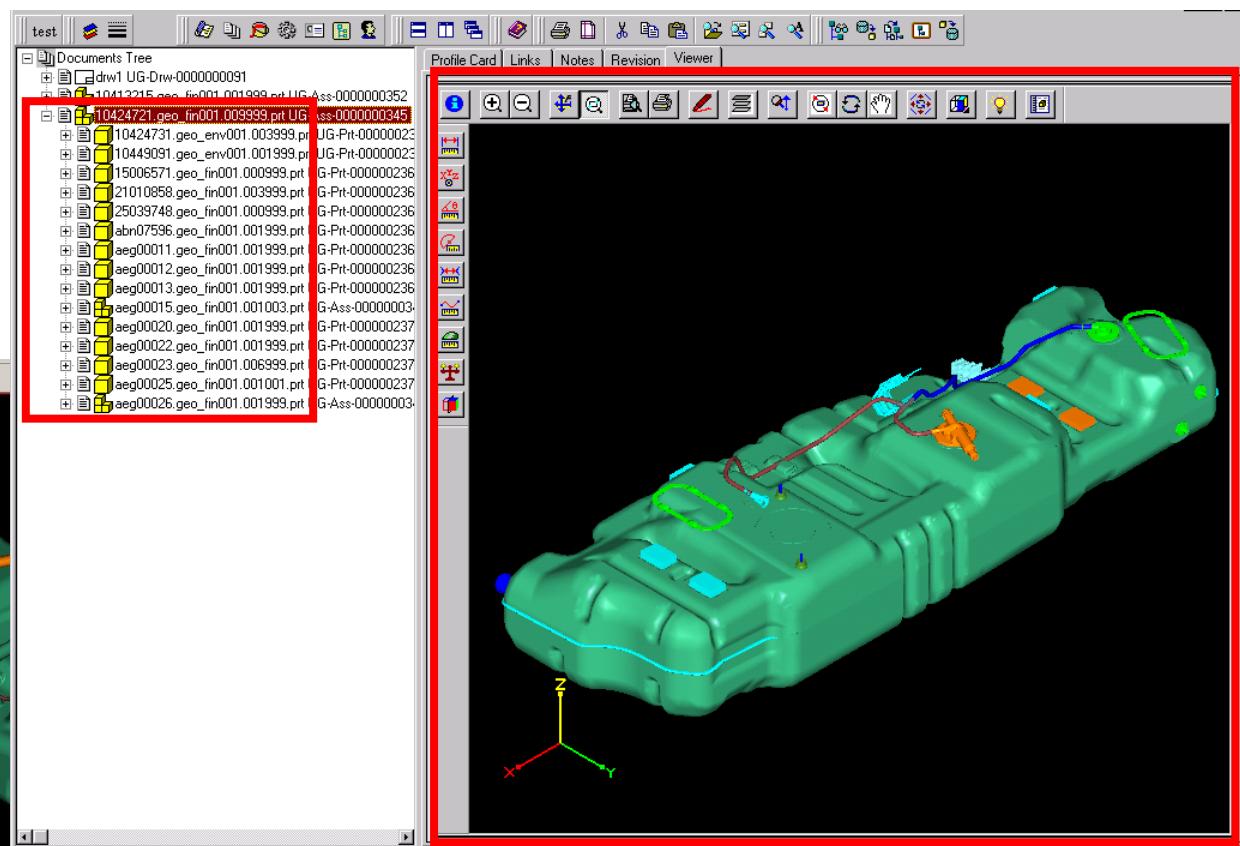
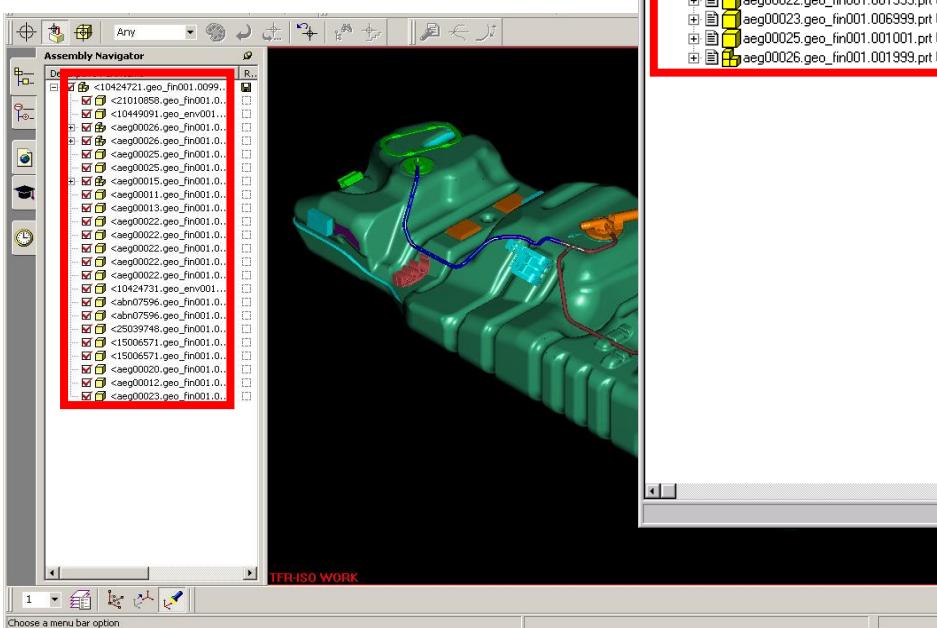


CAD-PLM Integration

Abbildung der Produktstruktur CAD-neutrale Ansicht

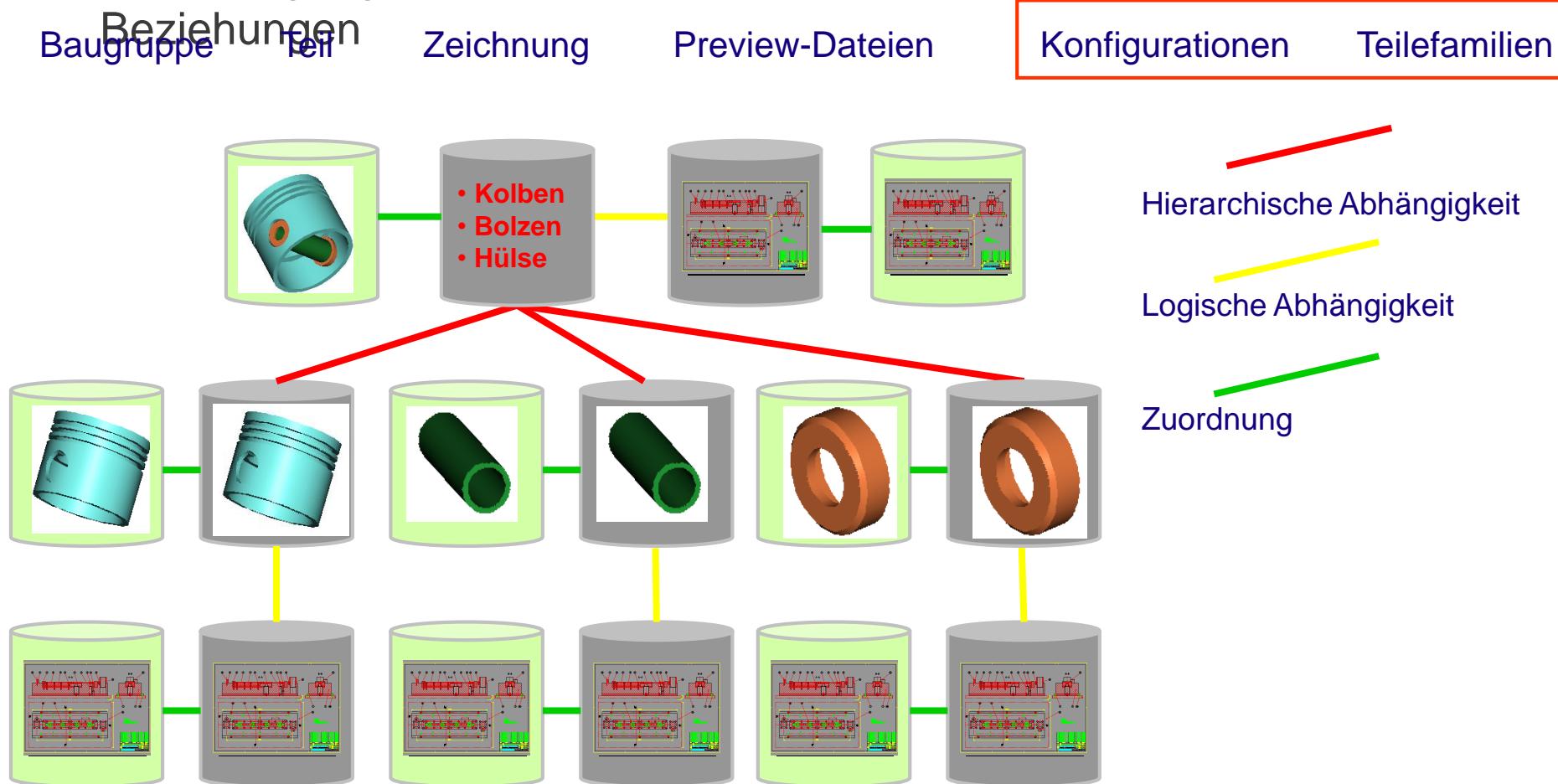
PLM

CAD



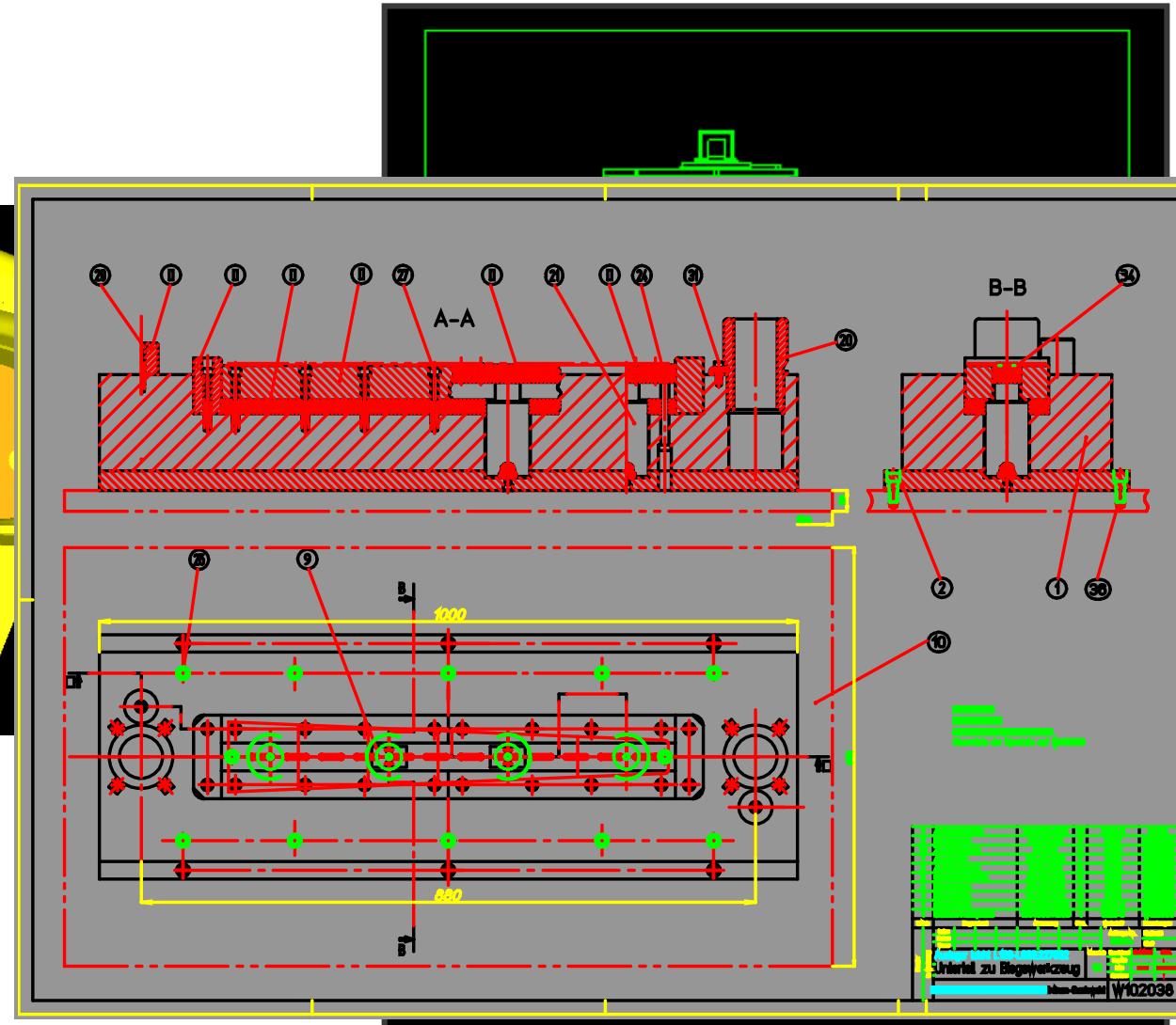
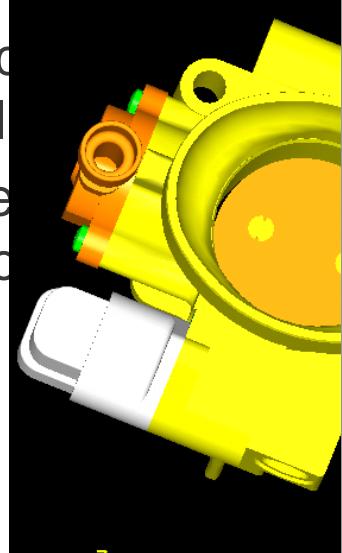
Lifecycle-Unterstützung

PLM-Lifecycle für CAD-Dokumente unter Berücksichtigung der CAD-spezifischen Beziehungen

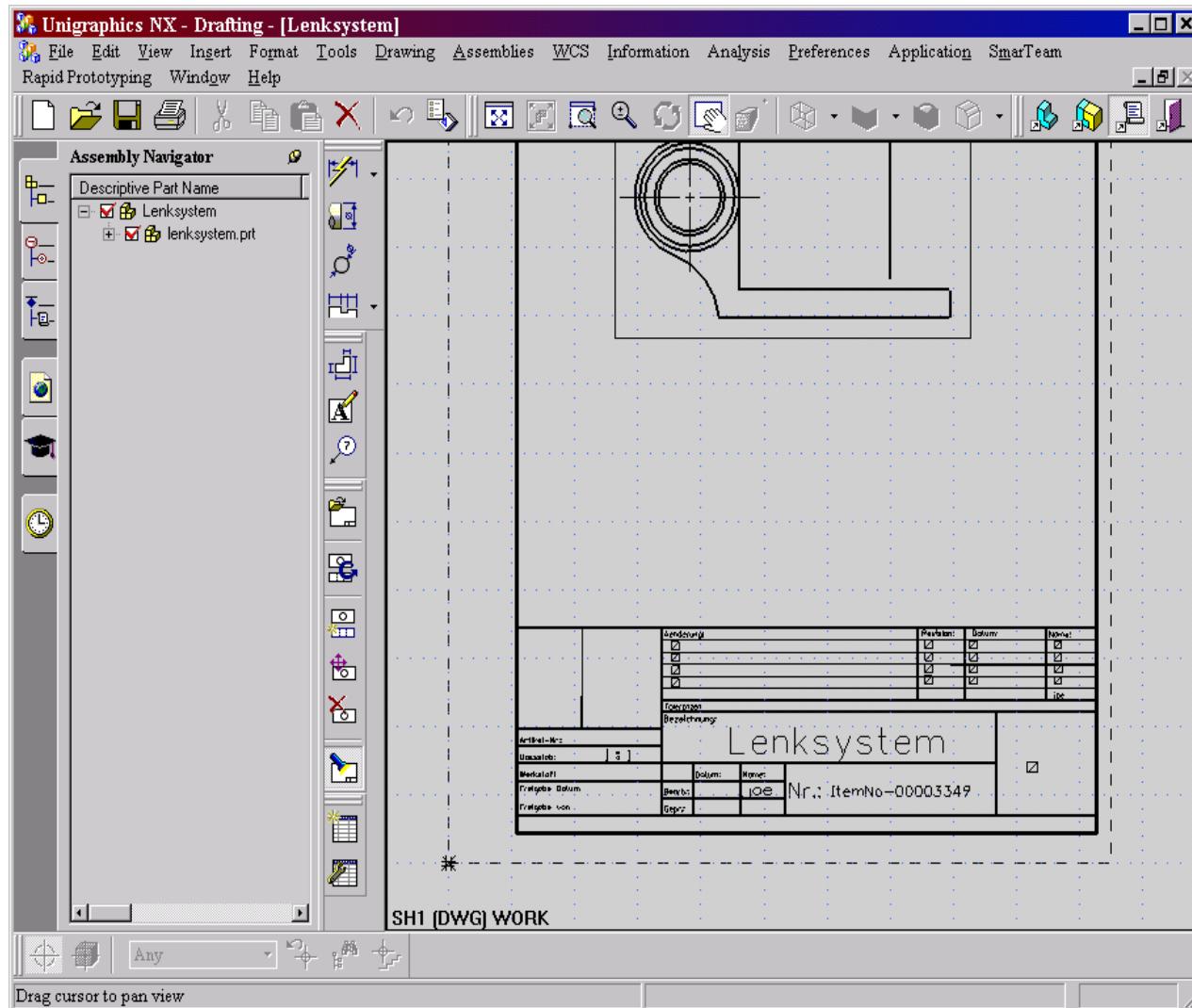


Zeichnungen

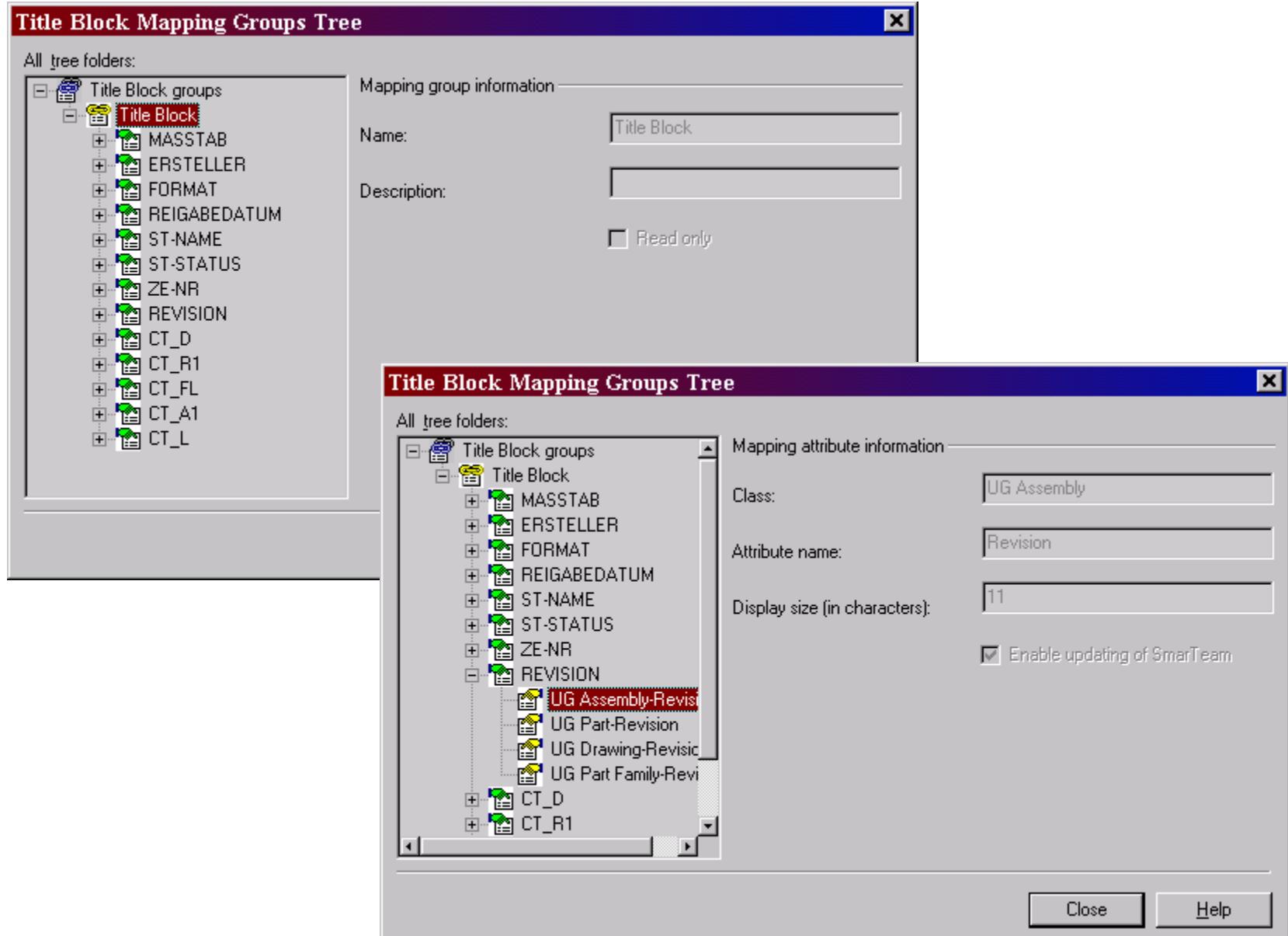
Logische
Abhängigkeiten
Zeichnungsrahmen
Schriftfeld
Aktual
Stückliste
Position



Schnittstellen zu CAD - Funktionalität

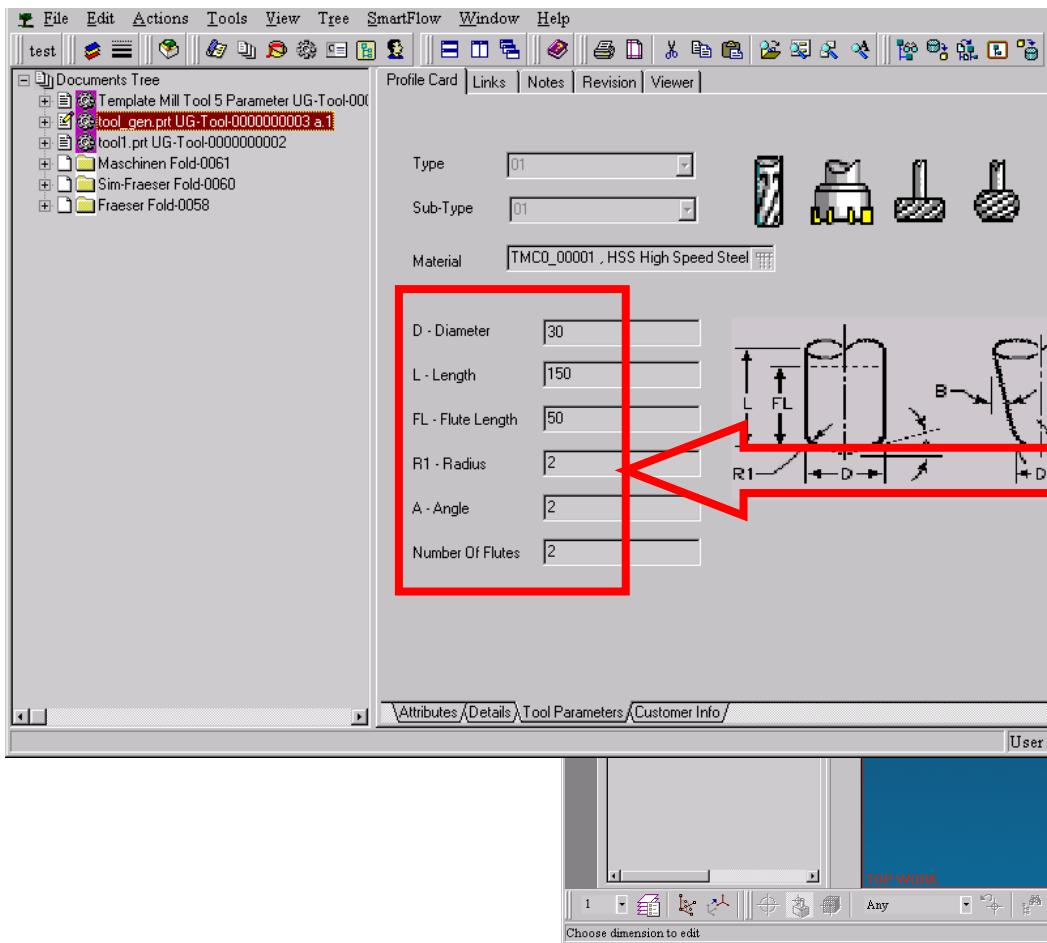


Schnittstellen zu CAD - Funktionalität

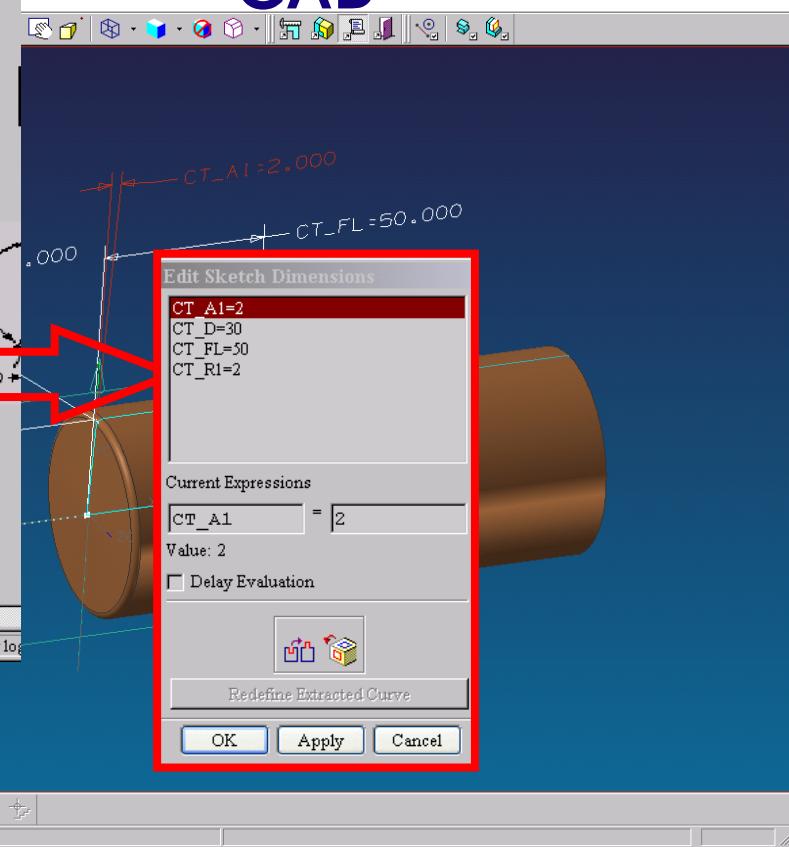


Integration von Produkt-Merkmalen

PLM



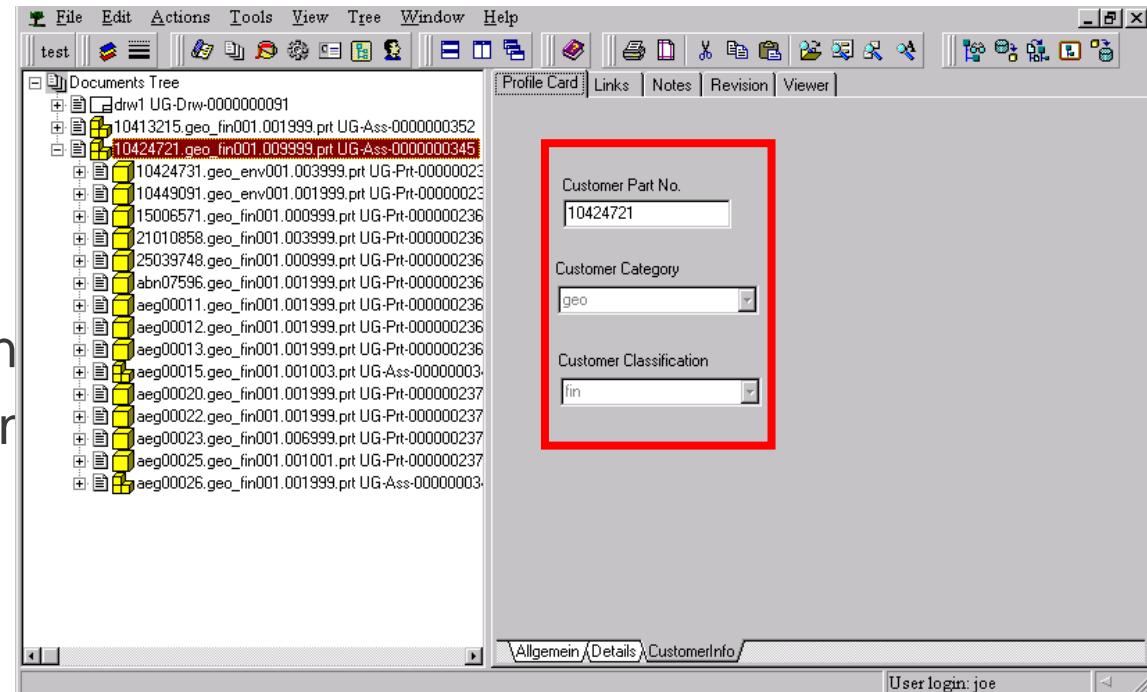
CAD



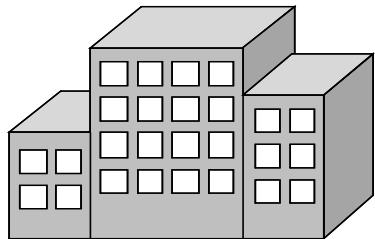
Import / Export

Export:

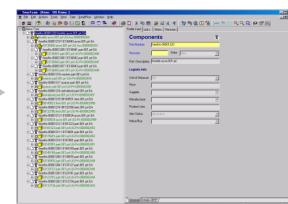
„Bulk Load Funktion“
Metadaten XML
CAD-Daten strukturiert in
Einzelschritte schreiben
Einfügen aller CAD Dateien
Automatisches Speichern in



Zulieferer

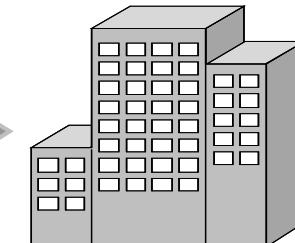


PLM

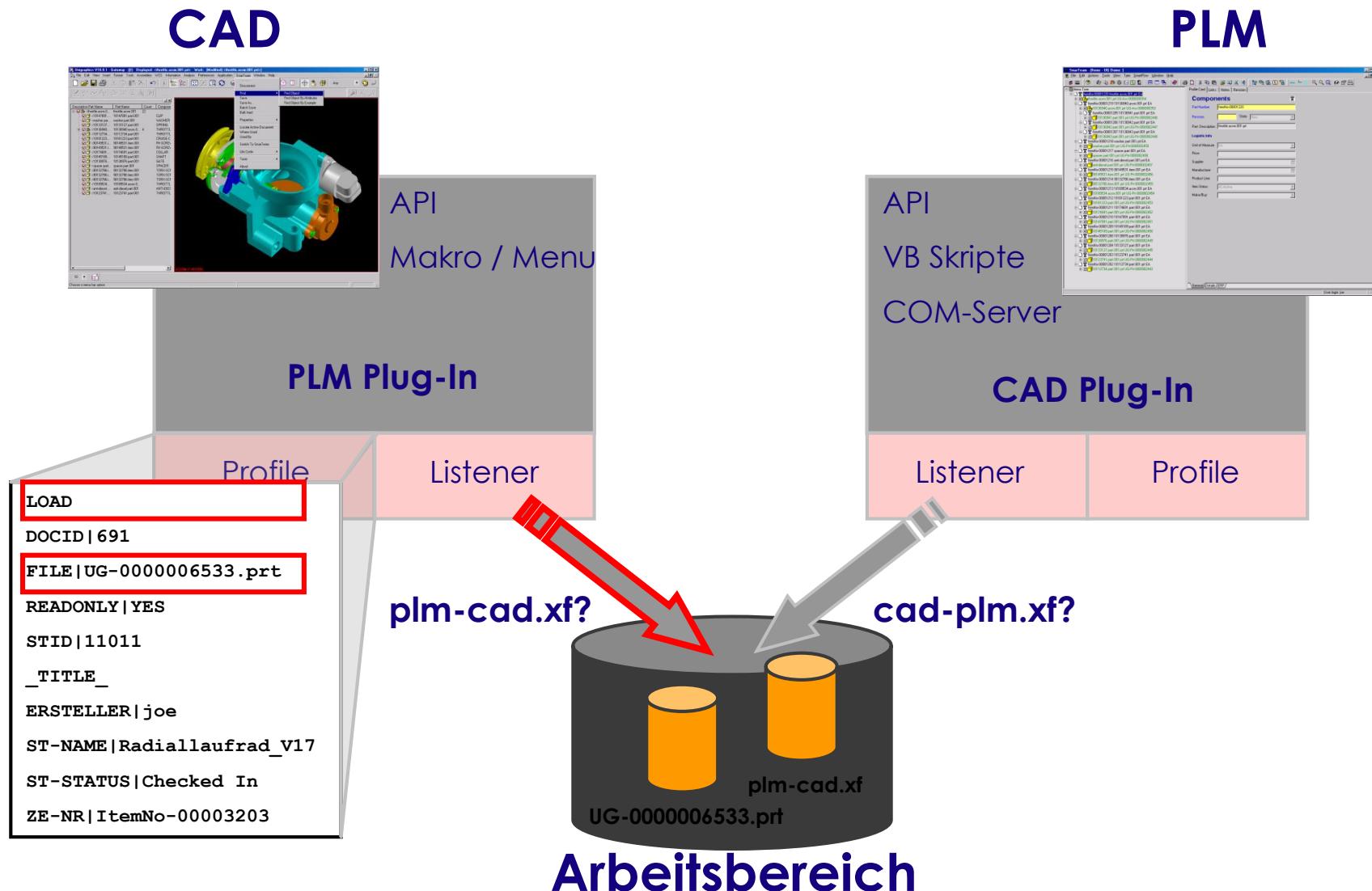


Namenskonvention

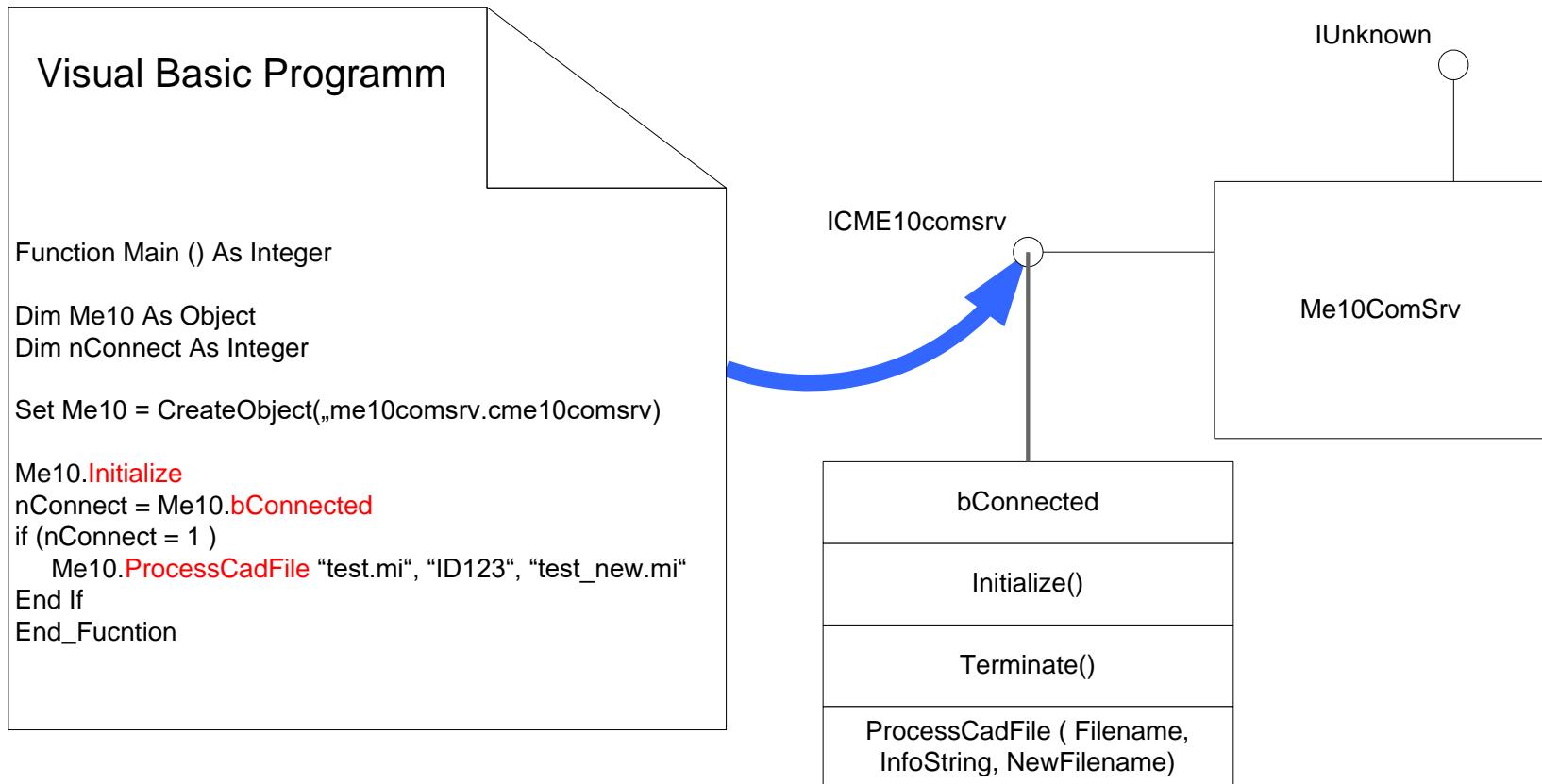
Kunden



Architektur von Integrationslösungen



Funktionsprinzip COM – API

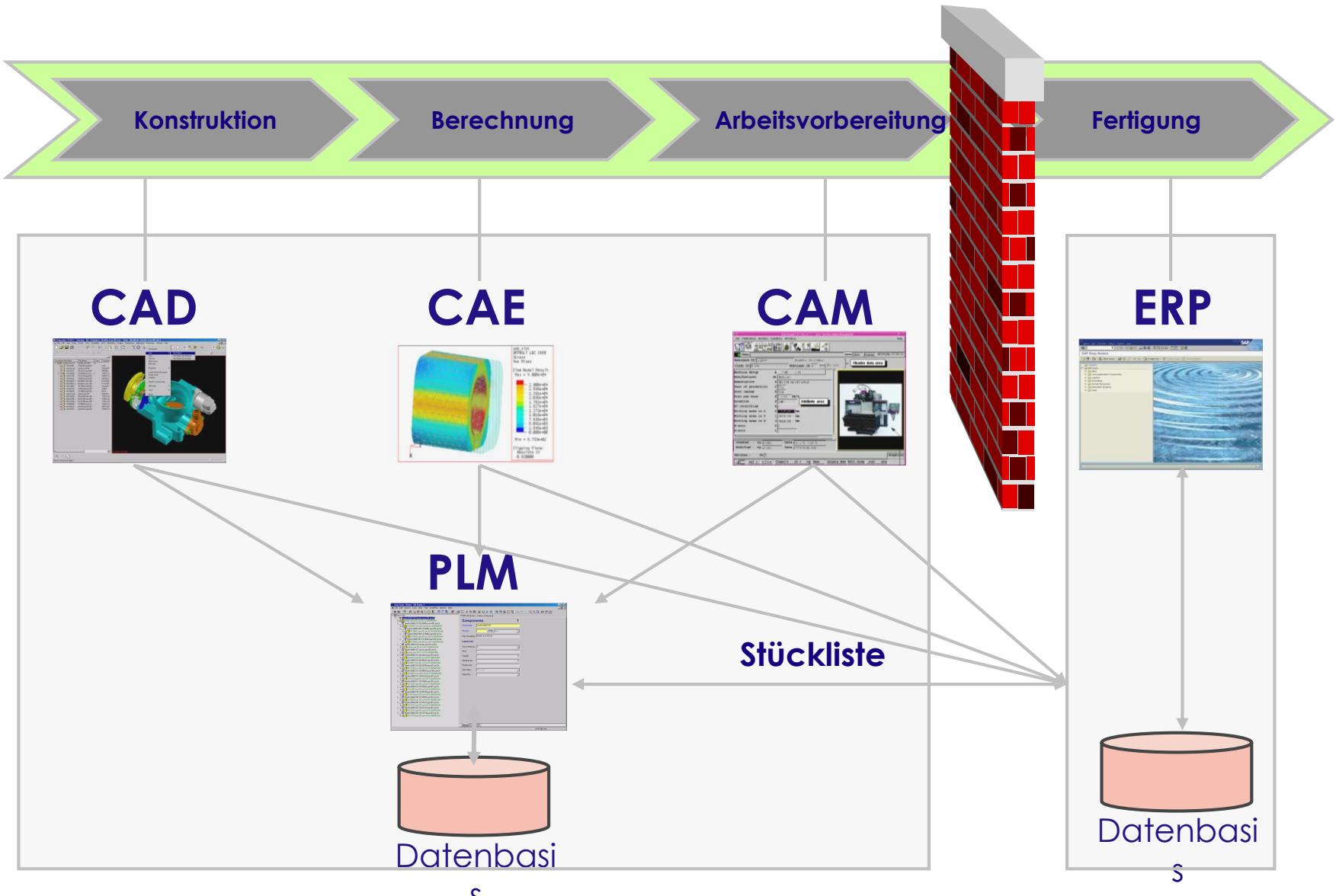


Inhalt

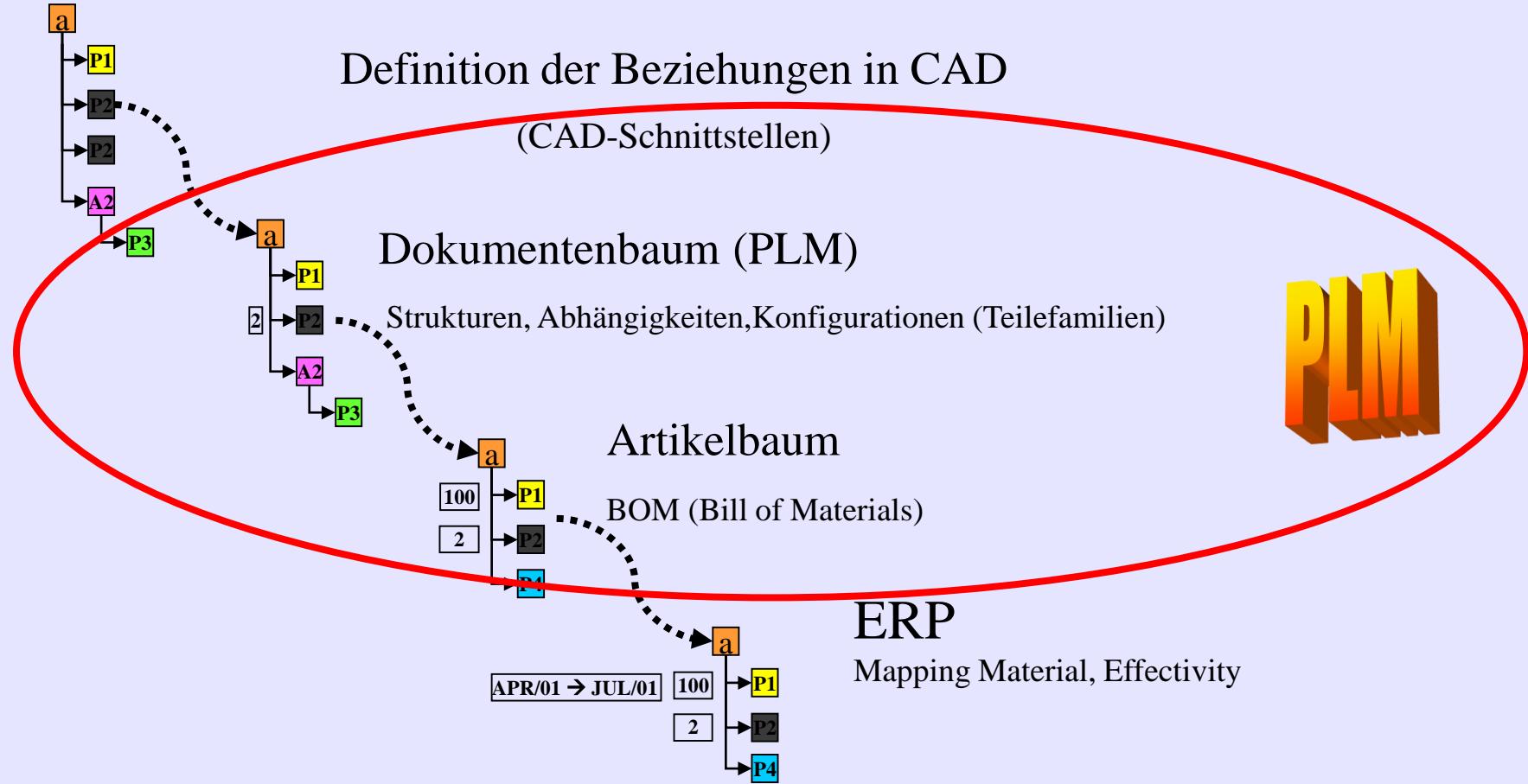


1. *Einführung, Begriffe, Trends*
2. *Grundlagen PDM*
3. *Datenmanagement*
4. *Prozessmanagement*
5. *Integrationen*
6. **PDM / PLM**

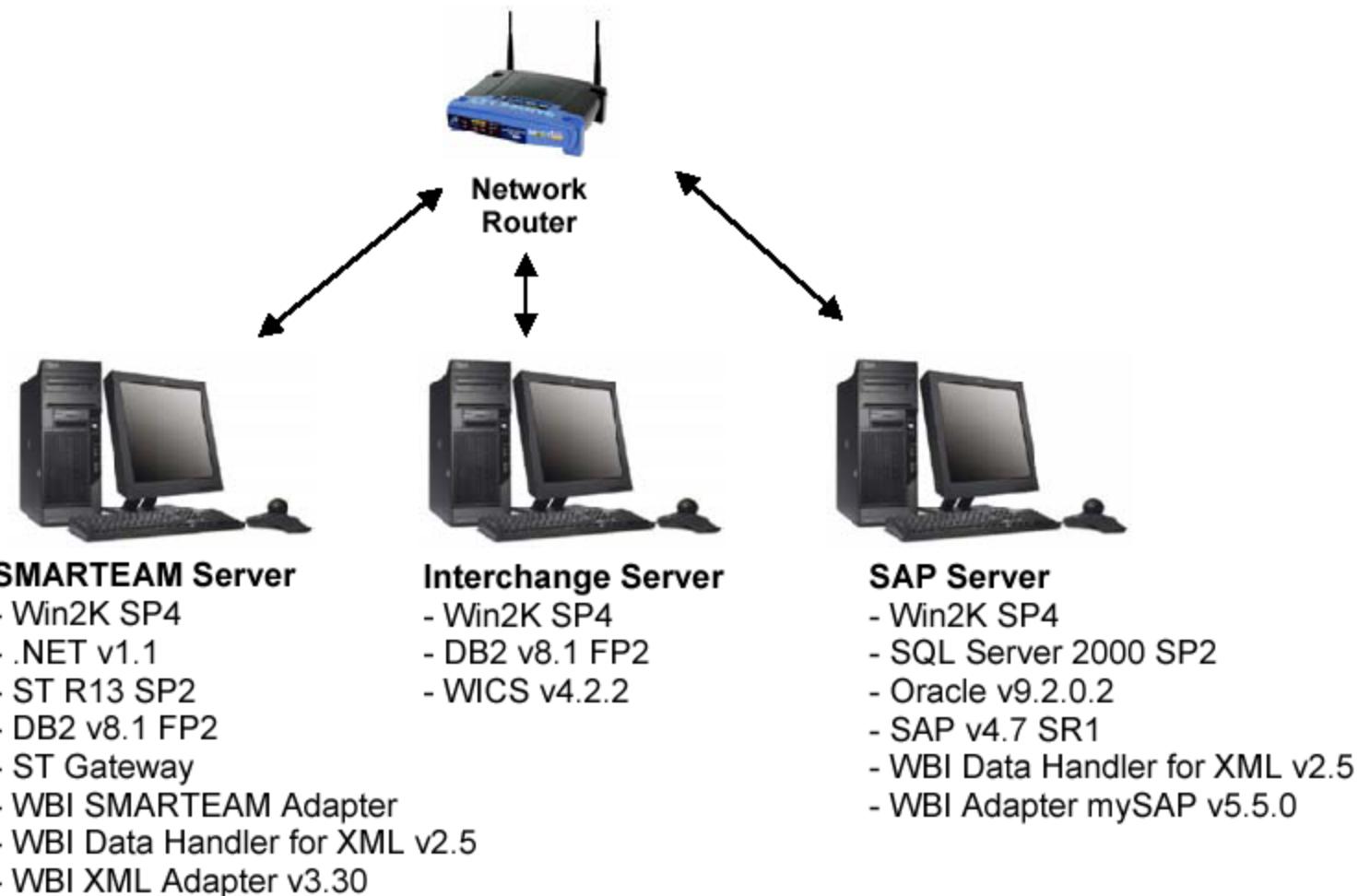
Abgrenzung technische und kommerzielle „Welt“



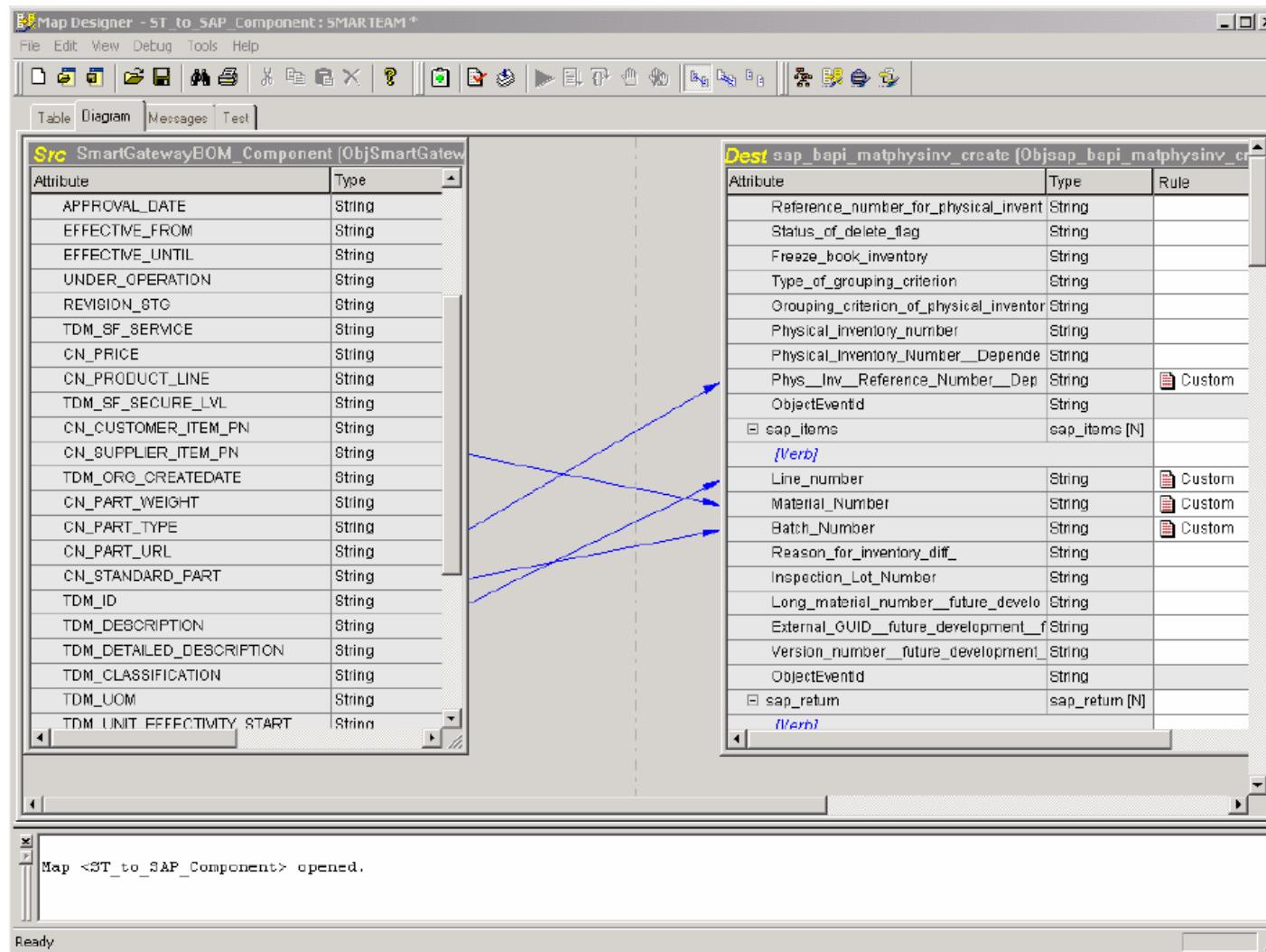
PLM-ERP Integration



ERP-Integration: Architektur



PLM-ERP: Mapping WebSphere InterChange Server



Konfiguration Material Mgmt. In ERP

Business Object Wizard - Step 3 of 6 - Select Source

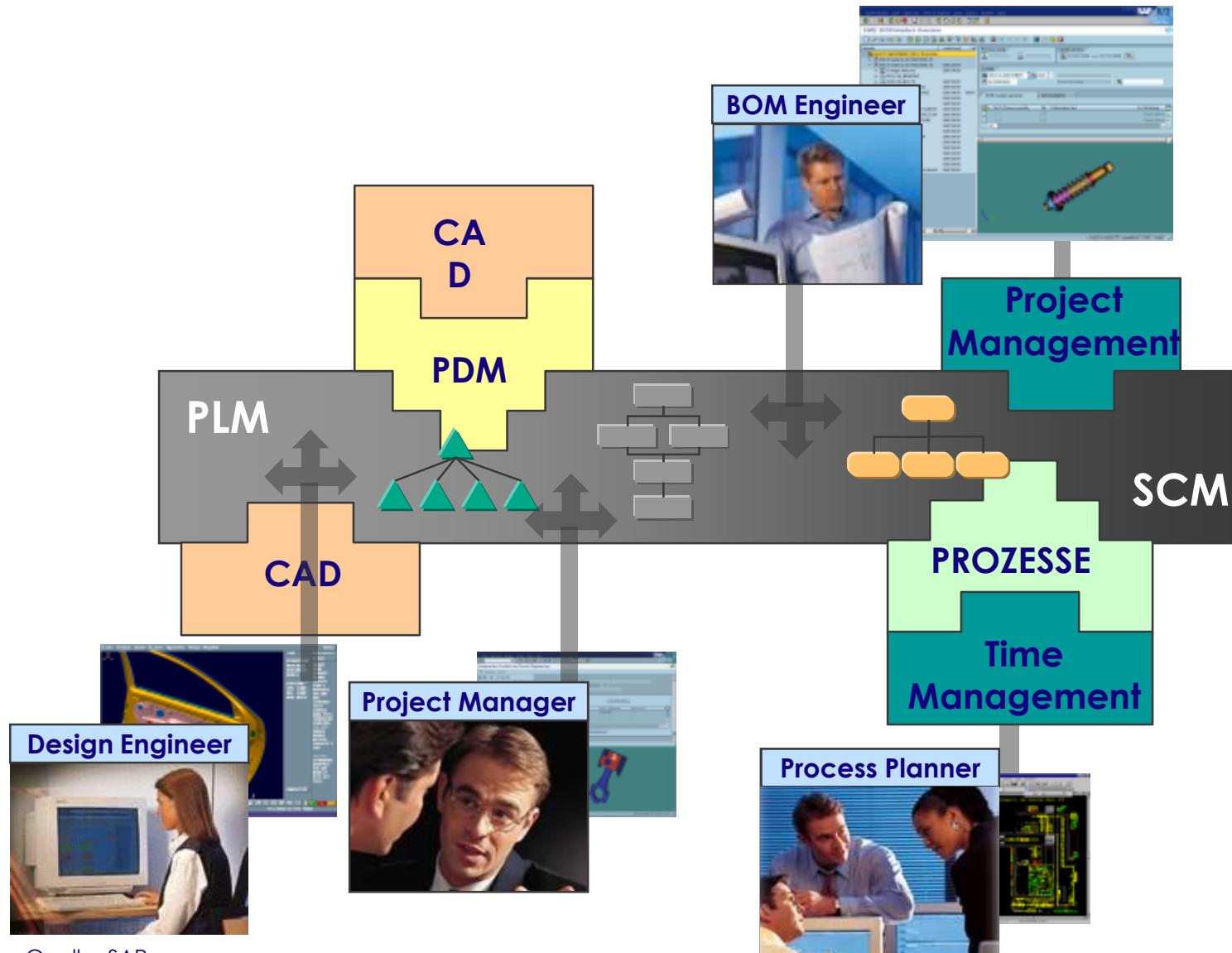
From the tree below, select the source nodes from which the IODA will generate business object definitions. Click "Next" to continue.

Use this object instead

Name	Description
+ IDoc Types	IDoc Types
+ BOR	Business Object Repository
+ Cross Application Components	
+ Accounting - General	
+ Financial Accounting	
+ Treasury	
+ Controlling	
+ Investment Management	
+ Enterprise Controlling	
+ Real Estate Management	
+ Logistics - General	
+ Sales and Distribution	
+ Materials Management	
+ EBP Incoming Invoice	BBPIncomingInvoice
+ Consumption-Based Planning (See Also PP-MRP)	
+ Purchasing	
+ External Services	
+ Inventory Management	
+ Goods Movement	GoodsMovement
+ Material inventory	MaterialPhysInv
+ BAPI_MATPHYSINV_CHANGECOUNT	ChangeCount - Change inv. count
+ BAPI_MATPHYSINV_COUNT	Count - Enter inv. count
+ BAPI_MATPHYSINV_CREATE	Create - Create phys inv. doc
+ BAPI_MATPHYSINV_CREATE_MULT	CreateMultiple - Create phys.inv.doc.
+ BAPI_MATPHYSINV_GETDETAIL	GetDetail - Read phys. inv. doc.
+ BAPI_MATPHYSINV_GETITEMS	GetItems - List of physInvDocs
+ BAPI_MATPHYSINV_GETLIST	GetList - List P.InvDocHeaders
+ BAPI_MATPHYSINV_POSTDIFF	PostDifferences - Post differences
+ Material reservation	MaterialReservation
+ Goods receipt	GoodsReceipt
+ Retail revaluation	SalesValueChange
+ Invoice Verification	
+ Information System	

< Back | Next > | Cancel

Globale PLM Integrationsstrategie (SAP)



Quelle: SAP

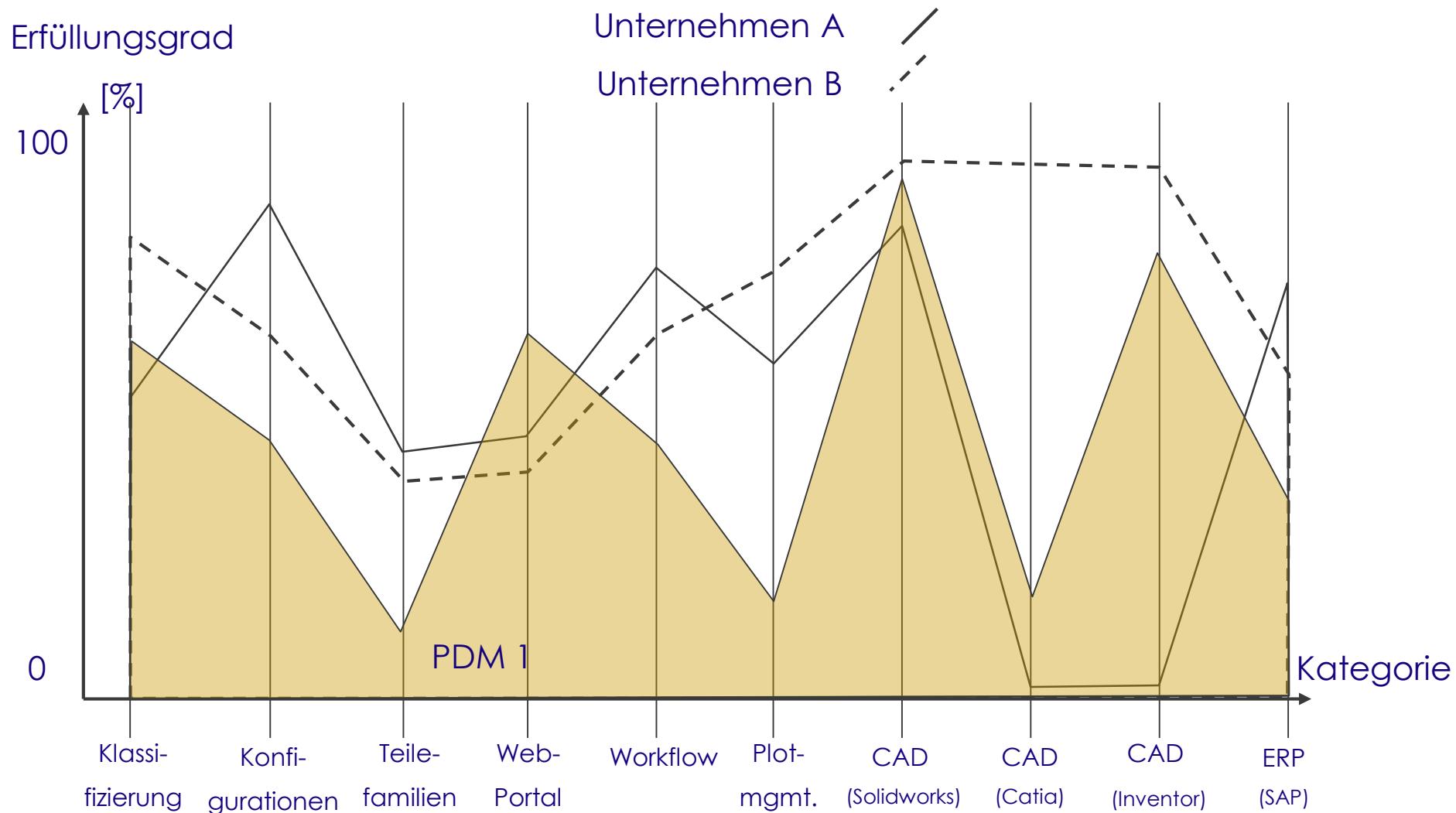
Agenda

- PDM – Was ist das?
- PDM und CAx – Engineering IT-Systeme
- Aufbau und Funktion von PDM-Systemen
- **PDM / PLM**
- PDM-Einführung

PDM / PLM: Abgrenzung

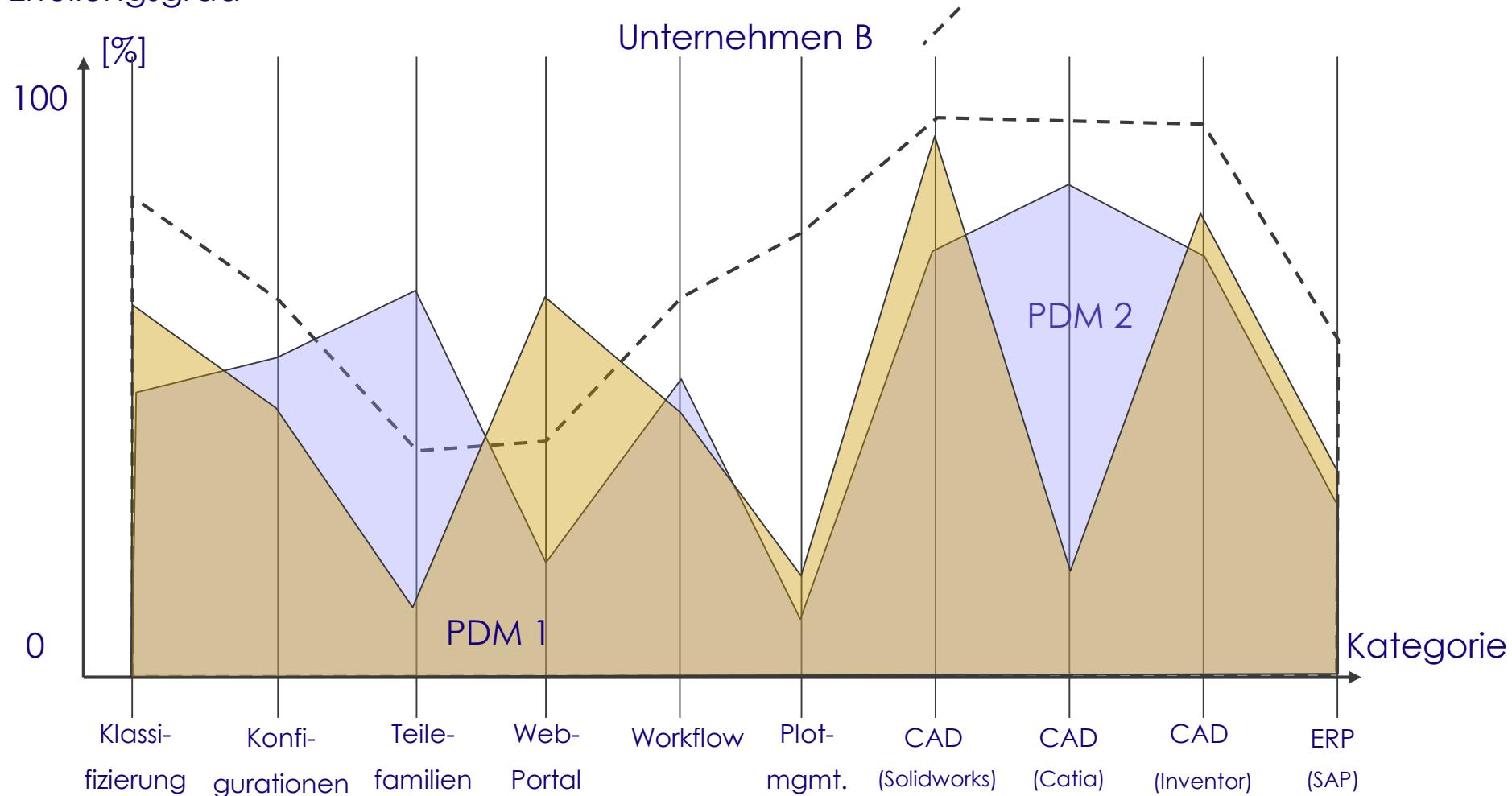


PDM vs PLM



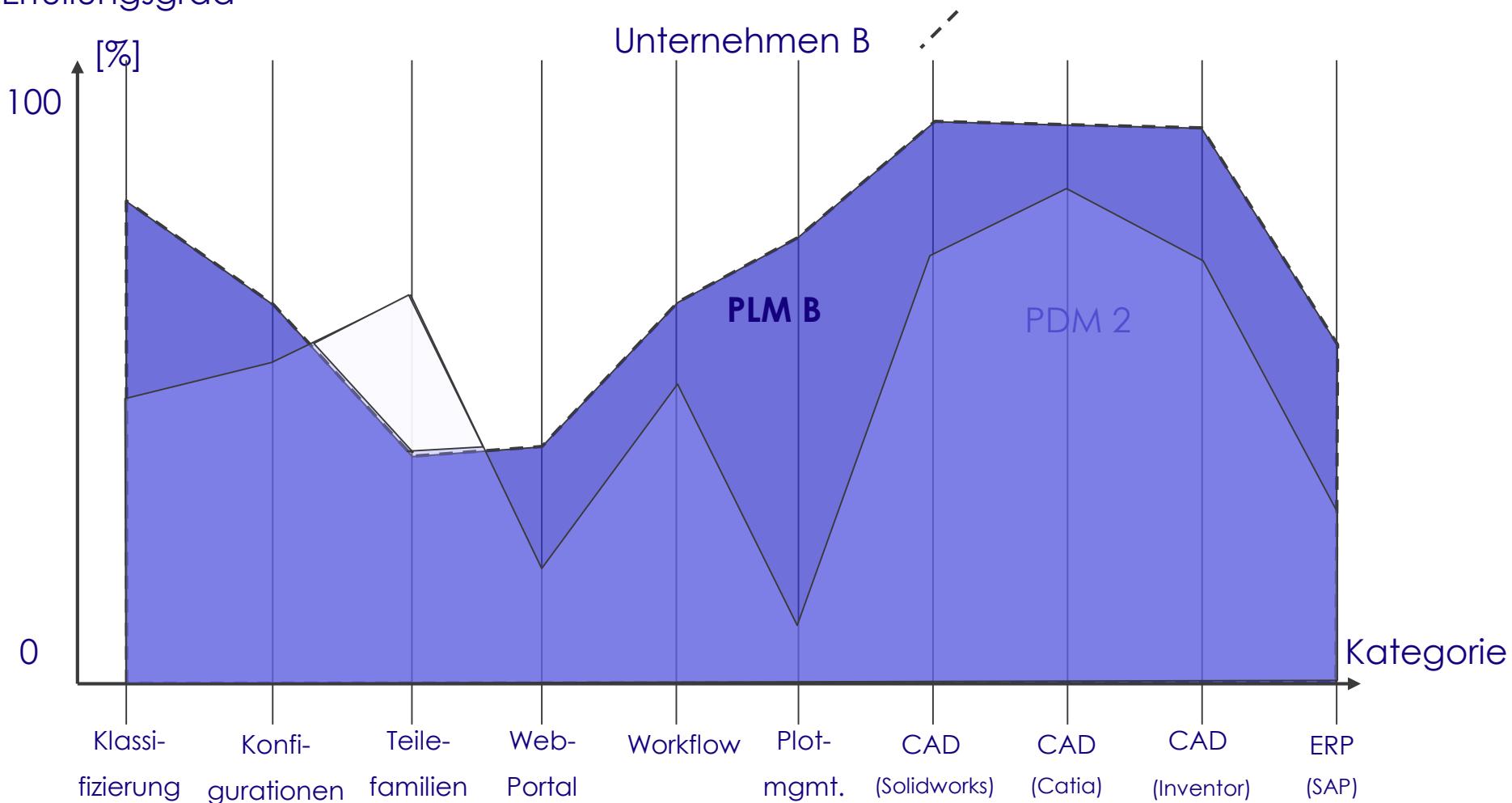
PDM vs PLM

Erfüllungsgrad



PDM vs PLM

Erfüllungsgrad



PDM vs PLM

Die Unterscheidung der Begriffe PDM und PLM stellt oftmals ein Problem dar. Ursprünglich handelte es sich bei der Einführung des Begriffs PLM um eine Marketingmaßnahme, da streng genommen die Definition von PLM identisch ist mit der von PDM.

Heute hat sich die folgende (vereinfachte) Definition etabliert:

Unter PDM-System wird ein Software-Programm verstanden, welches neben den PDM-Funktionen auch vielfältige Möglichkeiten zur Anpassung / Erweiterung beinhaltet. Ein PDM-System kann „gekauft und installiert“ werden.

Unter PLM wird in erster Linie die Strategie und Methode zur Umsetzung von Product Lifecycle Management verstanden. Dies ist immer an den konkreten Anforderungen eines Anwendungsgebietes (eines Unternehmens) orientiert.

Durch die spezifische Anpassung eines PDM-Systems entsteht ein PLM-System.

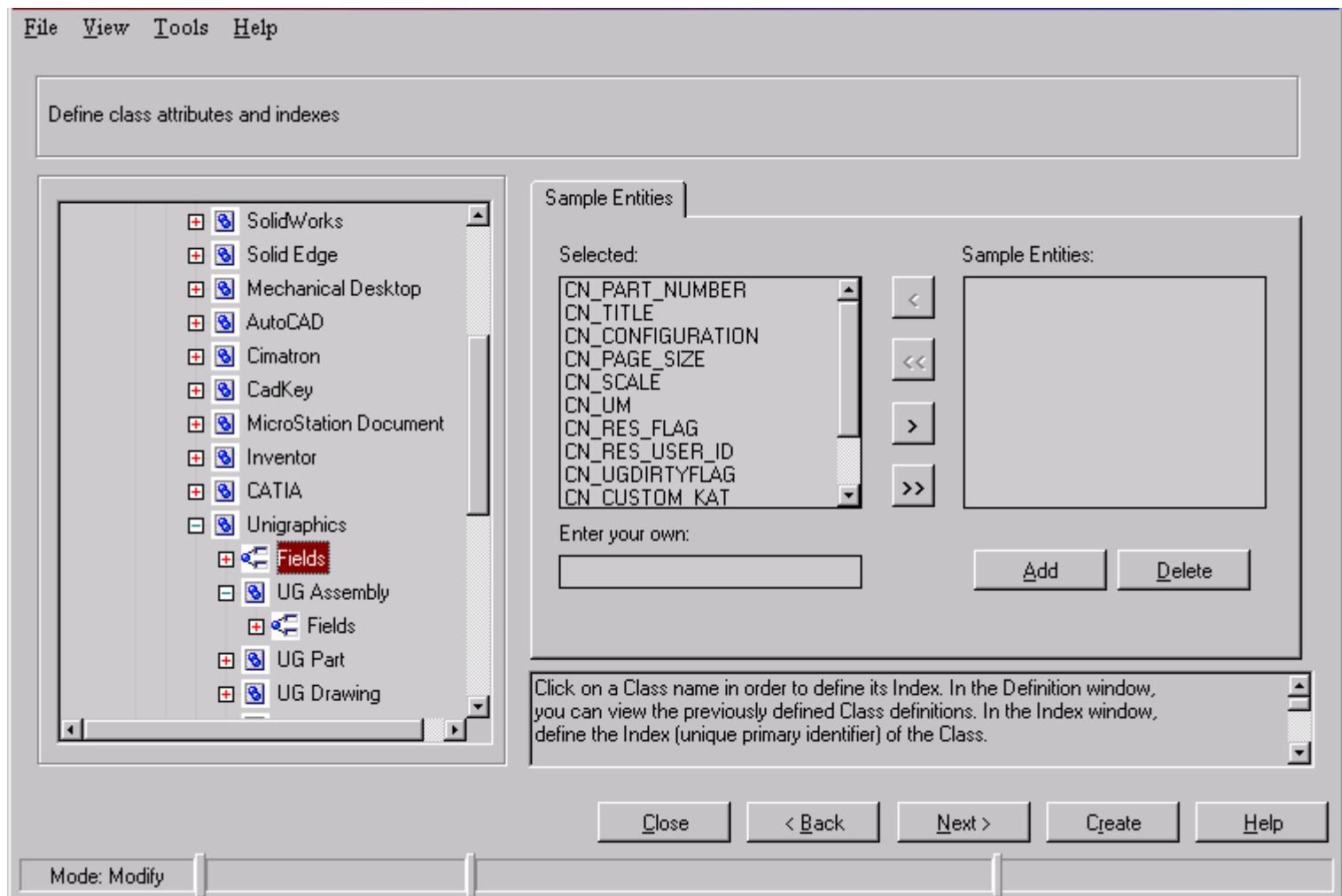
Customizing



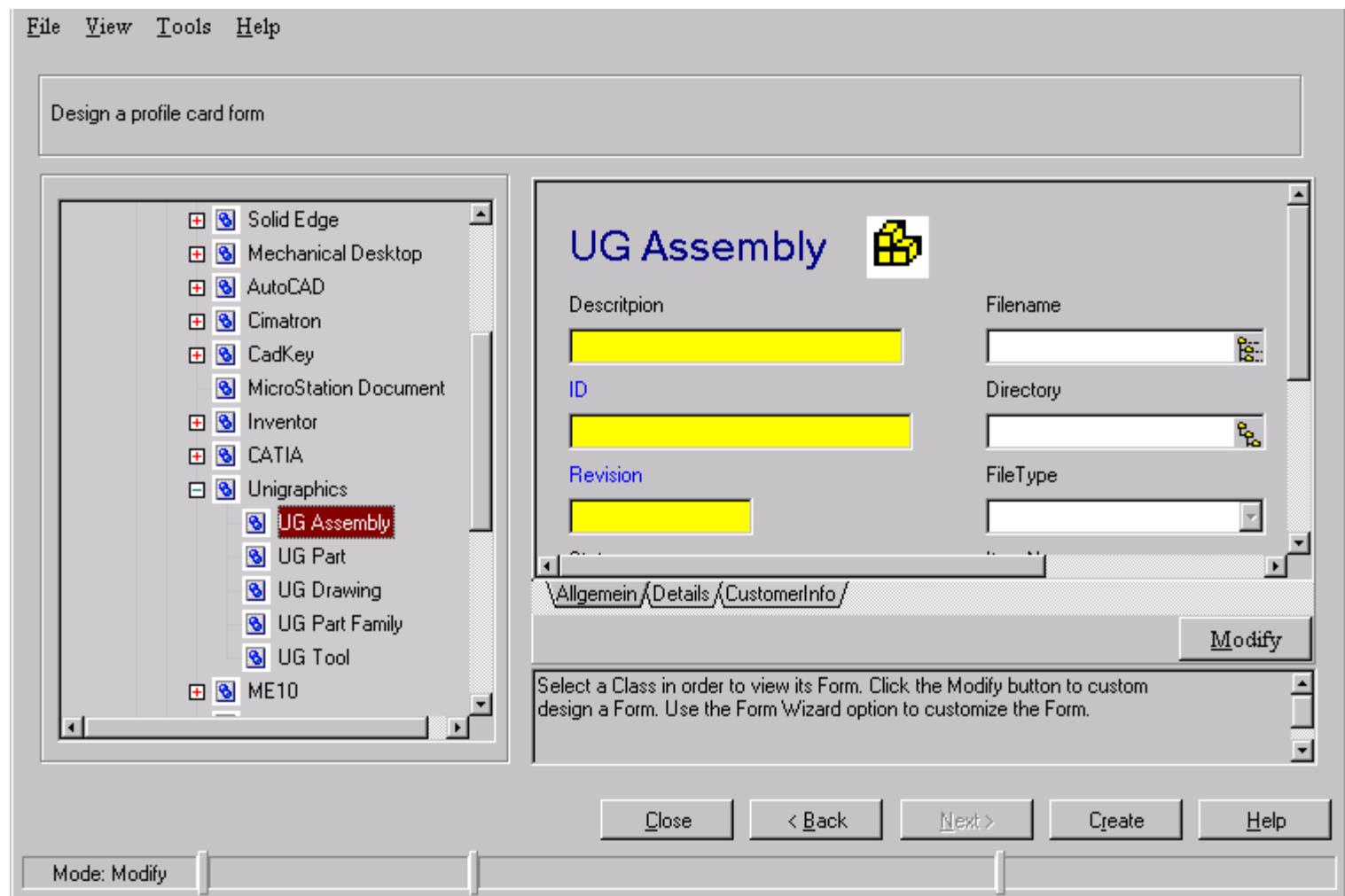
Anpassbarkeit – Kriterium für PDM / PLM

Die Möglichkeiten zur Anpassung eines PDM-Systems sind entscheidend für den Aufwand, um das System produktiv einsetzen zu können.

Definition der Klassenhierarchie



Gestaltung der Benutzeroberfläche



Attribut Austausch

Title Block Mapping Groups Tree

All tree folders:

- [-] Title Block groups
 - [+]**Title Block**
 - [+] MASSTAB
 - [+] ERSTELLER
 - [+] FORMAT
 - [+] REIGABEDATUM
 - [+] ST-NAME
 - [+] ST-STATUS
 - [+] ZE-NR
 - [+] REVISION
 - [+] CT_D
 - [+] CT_R1
 - [+] CT_FL
 - [+] CT_A1
 - [+] CT_L

Mapping group information

Name:

Description:

Read only

Title Block Mapping Groups Tree

All tree folders:

- [-] Title Block groups
 - [+]**Title Block**
 - [+] MASSTAB
 - [+] ERSTELLER
 - [+] FORMAT
 - [+] REIGABEDATUM
 - [+] ST-NAME
 - [+] ST-STATUS
 - [+] ZE-NR
 - [+] REVISION
 - [+] **UG Assembly-Revisi**
 - [+] UG Part-Revisi
 - [+] UG Drawing-Revisi
 - [+] UG Part Family-Revi
 - [+] CT_D
 - [+] CT_R1

Mapping attribute information

Class:

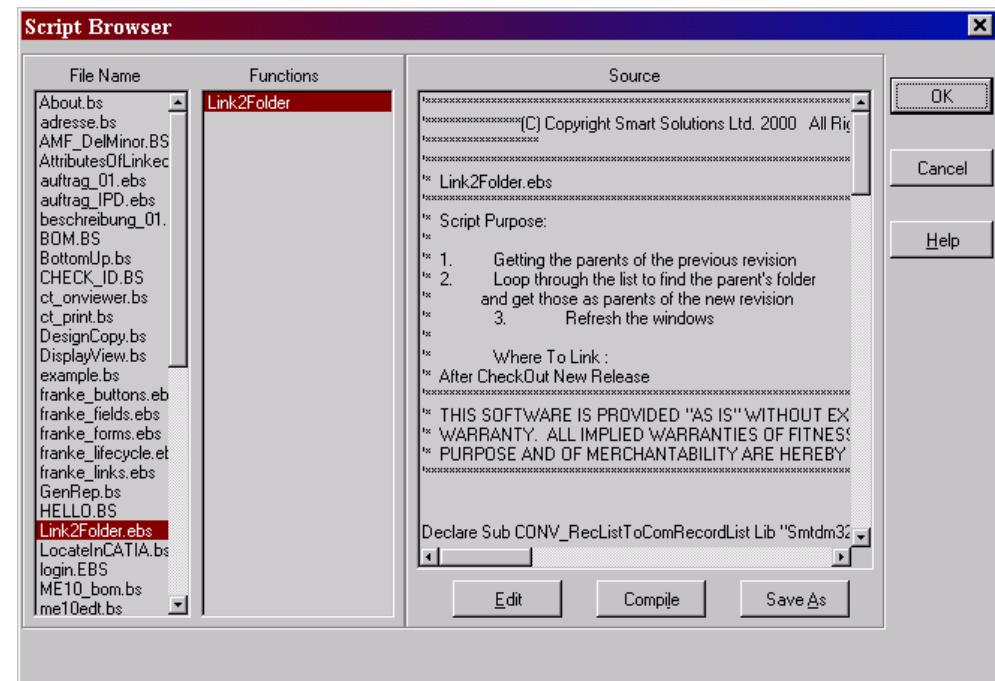
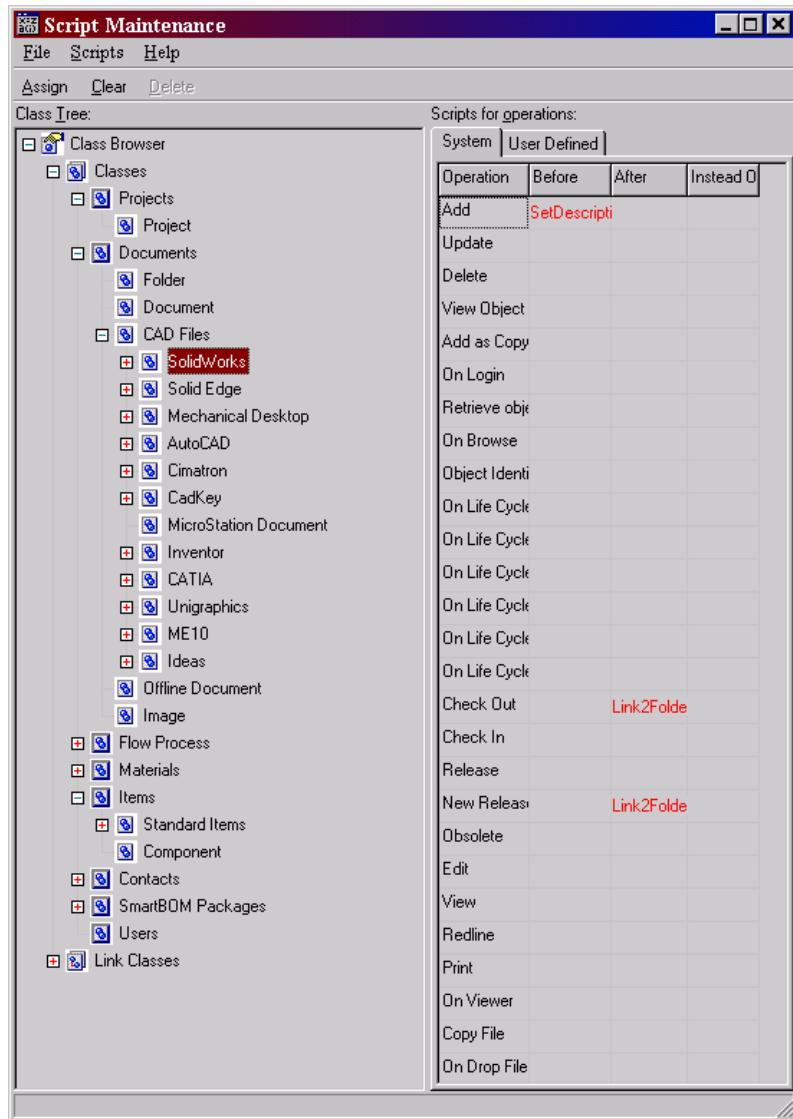
Attribute name:

Display size (in characters):

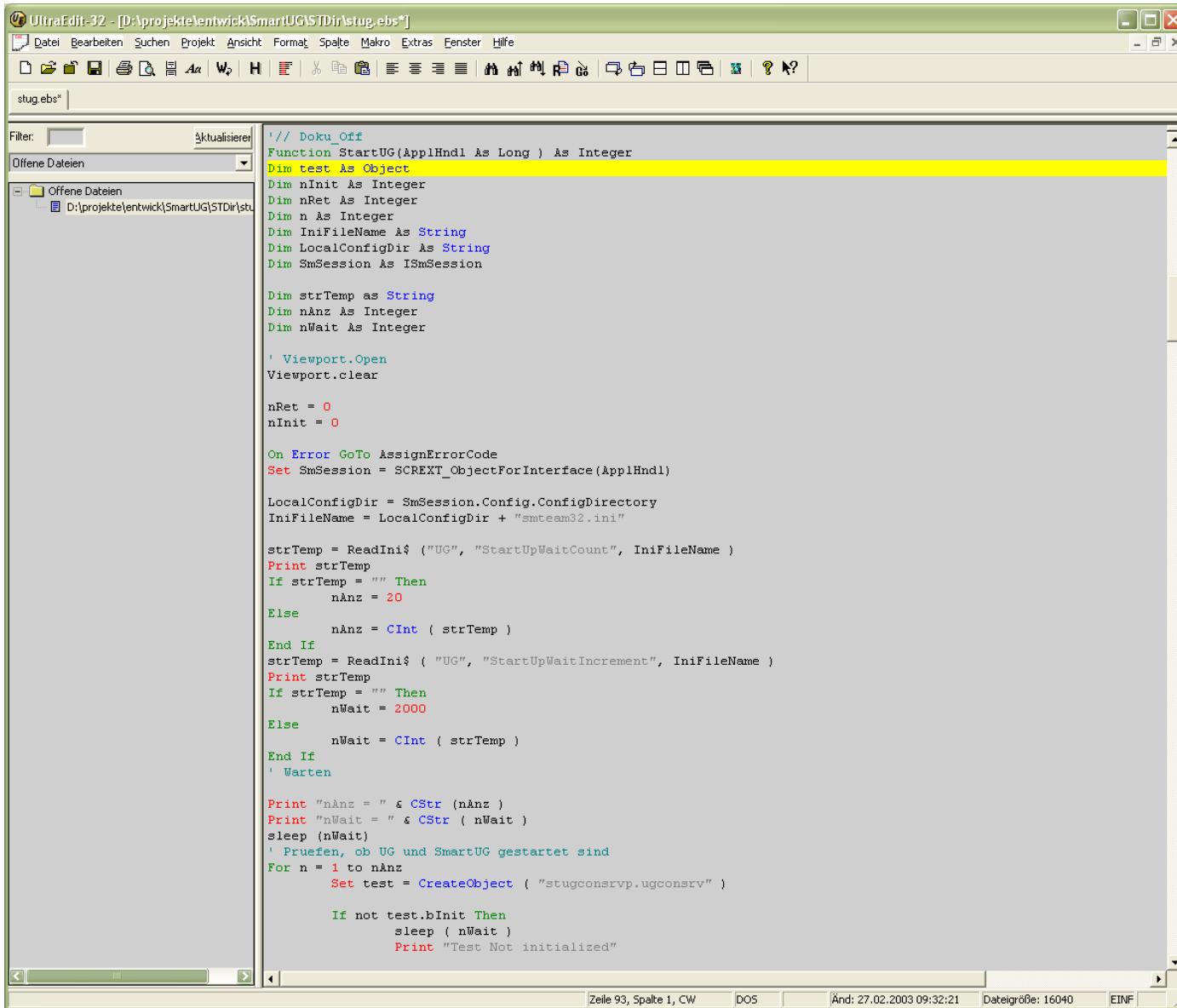
Enable updating of SmarTeam

Close **Help**

Event Handling



Script / API Programmierung



The screenshot shows a window of the UltraEdit-32 text editor. The title bar reads "UltraEdit-32 - [D:\projekte\entwickl\SmartUG\STD\stug.ebs*]". The menu bar includes Datei, Bearbeiten, Suchen, Projekt, Ansicht, Format, Spalte, Makro, Extras, Fenster, Hilfe. The toolbar contains various icons for file operations like Open, Save, Find, Copy, Paste, etc. The left sidebar shows an open folder "Offene Dateien" containing "D:\projekte\entwickl\SmartUG\STD\stug.ebs". The main code area displays the following VBScript:

```
// Doku_Off
Function StartUG(ApplHndl As Long) As Integer
Dim test As Object
Dim nInit As Integer
Dim nRet As Integer
Dim n As Integer
Dim IniFileName As String
Dim LocalConfigDir As String
Dim SmSession As ISmSession

Dim strTemp as String
Dim nAanz As Integer
Dim nWait As Integer

' Viewport.Open
Viewport.clear

nRet = 0
nInit = 0

On Error GoTo AssignErrorCode
Set SmSession = SCREXT_ObjectForInterface(ApplHndl)

LocalConfigDir = SmSession.Config.ConfigDirectory
IniFileName = LocalConfigDir + "smteam32.ini"

strTemp = ReadIni$ ("UG", "StartUpWaitCount", IniFileName )
Print strTemp
If strTemp = "" Then
    nAanz = 20
Else
    nAanz = CInt ( strTemp )
End If
strTemp = ReadIni$ ("UG", "StartUpWaitIncrement", IniFileName )
Print strTemp
If strTemp = "" Then
    nWait = 2000
Else
    nWait = CInt ( strTemp )
End If
' Warten

Print "nAanz = " & CStr (nAanz )
Print "nWait = " & CStr ( nWait )
sleep (nWait)
' Pruefen, ob UG und SmartUG gestartet sind
For n = 1 to nAanz
    Set test = CreateObject ( "stugconsrv.ugconsrv" )

    If not test.bInit Then
        sleep ( nWait )
        Print "Test Not initialized"
    End If
End If
End Function
```

The status bar at the bottom shows "Zeile 93, Spalte 1, CW DOS Änd: 27.02.2003 09:32:21 Dateigröße: 16040 EINF".

Agenda

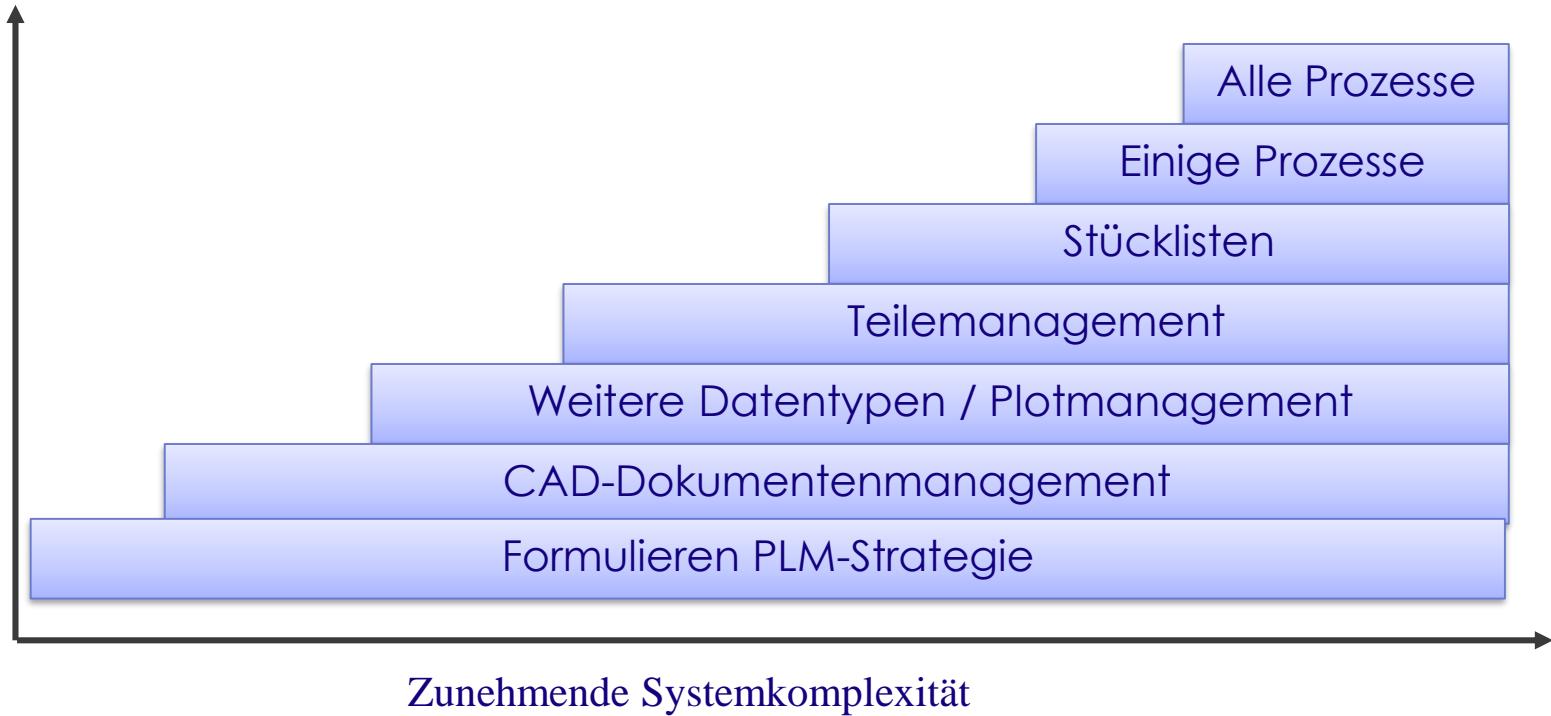
- PDM – Was ist das?
- PDM und CAx – Engineering IT-Systeme
- Aufbau und Funktion von PDM-Systemen
- PDM / PLM
- **PDM-Einführung**

PLM- Quo vadis („Wohin gehst du?“)

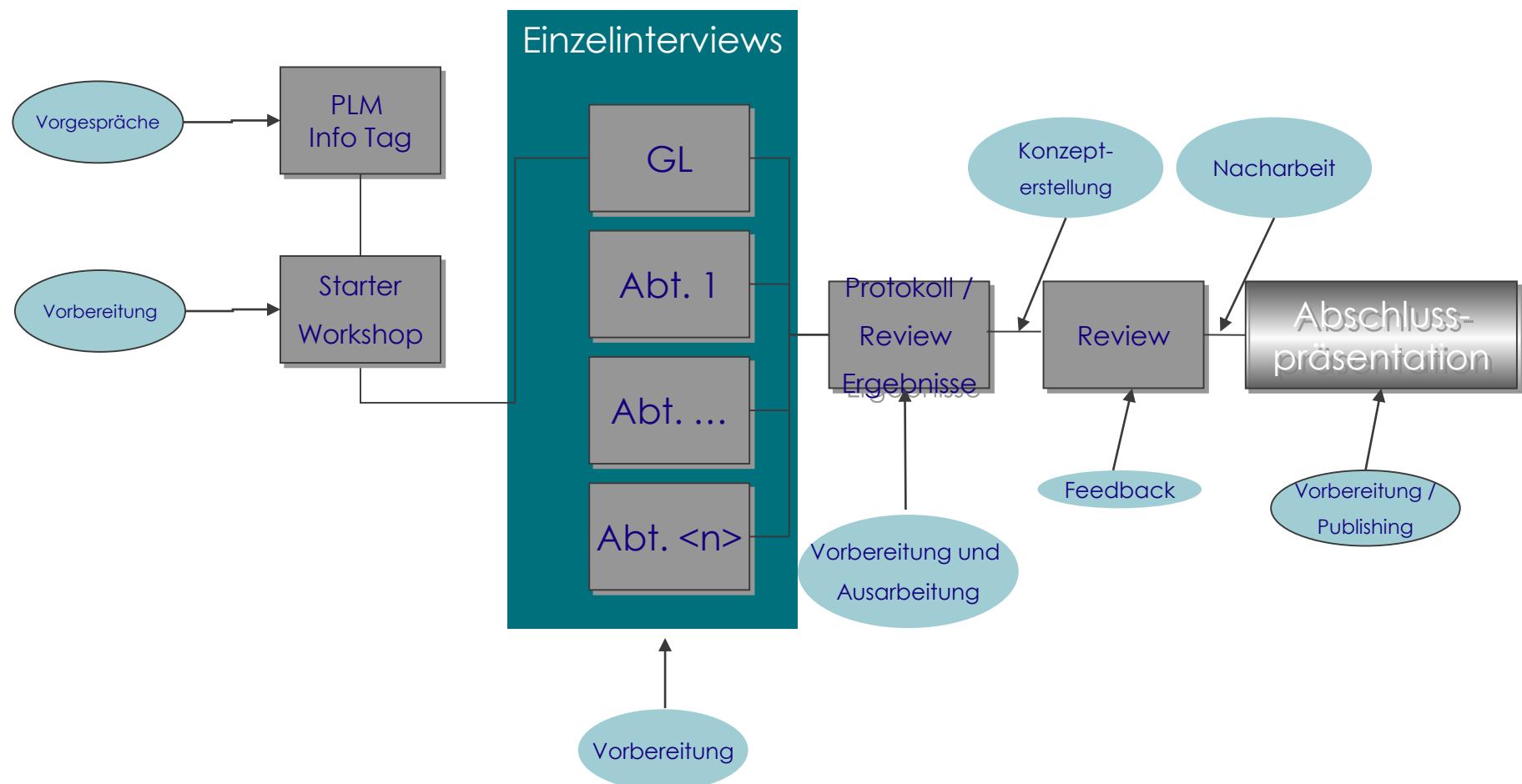


- Stufenweise Einführung

Zunehmende
Anzahl der
Benutzer

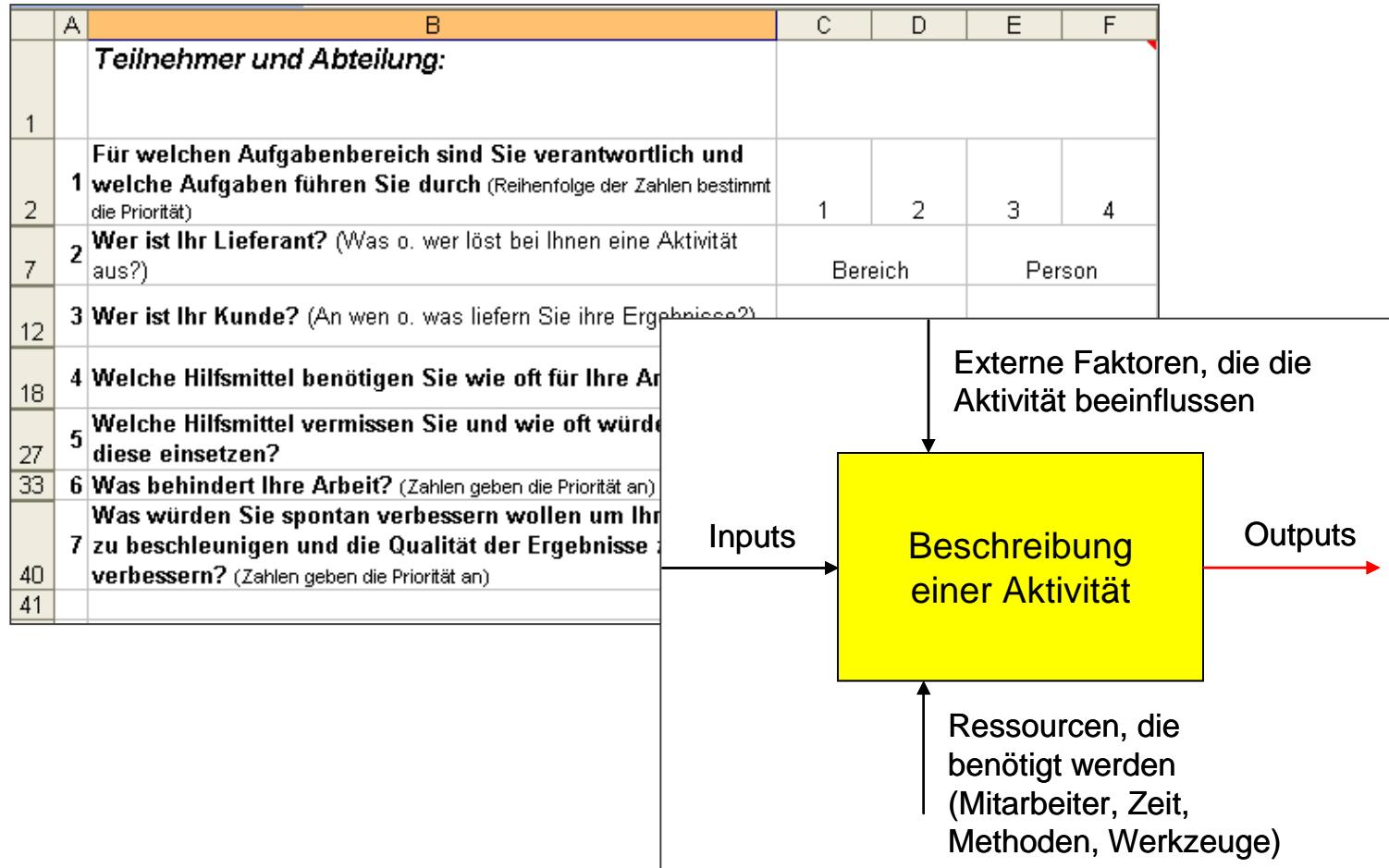


Ablauf der Anforderungs- und Prozessanalyse zur Einführung PLM



Vorgehensmodell: Step 1 - Workshop

Step 2: Abteilungs- Interviews



Beschreibung durch Anwendungsfälle (Use-CASE)

Definition

Ein Anwendungsfall beschreibt eine Menge von Aktivitäten eines Systems aus der Sicht seiner Anwender bzw. Akteure.

Dabei werden die Aktivitäten beschrieben, die für die Akteure zu einem wahrnehmbaren Ergebnis führen. Die Formulierung der Anwendungsfälle ist der Ausgangspunkt für die Entwicklung der übrigen Schritte im **Projekt und zur Umsetzung der Anforderungen**.

Beschreibung	Beschreibung der Abläufe des Anwendungsfalles in nummerierten Einzelschritten.
Ausnahmen	Die Beschreibung der fachlichen Ausnahme- und Fehlersituationen, die im Rahmen des Anwendungsfalles auftreten können
Variationen	Abweichungen zum Normablauf und ggf. Beschreibungen der alternativen Abläufe
Ergebnis, Wert	Zustand des Systems, oder Ereignis, nach dem erfolgreichen Durchlauf des Anwendungsfalles.
Dialog	Die Dialogmasken, die in diesem Anwendungsfall verwendet werden. Wird dann beschrieben, wenn Sie individuell entwickelt werden müssen.
Offene Punkte	Unklarheiten und Fragen zum Anwendungsfall, die noch geklärt werden müssen
Sonstiges	Zusätzliche Bemerkungen, Besonderheiten.

Step 3: Analyse und Ergebnis-Erarbeitung

Nummer	
Name	
Kurzbeschreibung	d Ziel des Anwendungsfalles beschreibt.
Akteure	rollen, Firmen, Abteilungen, Softwarekomponenten
Auslösendes Ereignis	
Voraussetzungen	
Beschreibung	
Ausnahmen	Die Beschreibung der fachlichen Ausnahmen, die in diesem Anwendungsfalle auftreten können.
Variationen	Abweichungen zum Normablauf und ggf. Einflussnahme auf den Ablauf.
Ergebnis, Wert	Zustand des Systems, oder Ereignis, nach dem Ablauf des Anwendungsfalles.
Dialog	Die Dialogmasken, die in diesem Anwendungsfall individuell entwickelt werden müssen.
Offene Punkte	Unklarheiten und Fragen zum Anwendungsfall.
Sonstiges	Zusätzliche Bemerkungen, Besonderheiten.



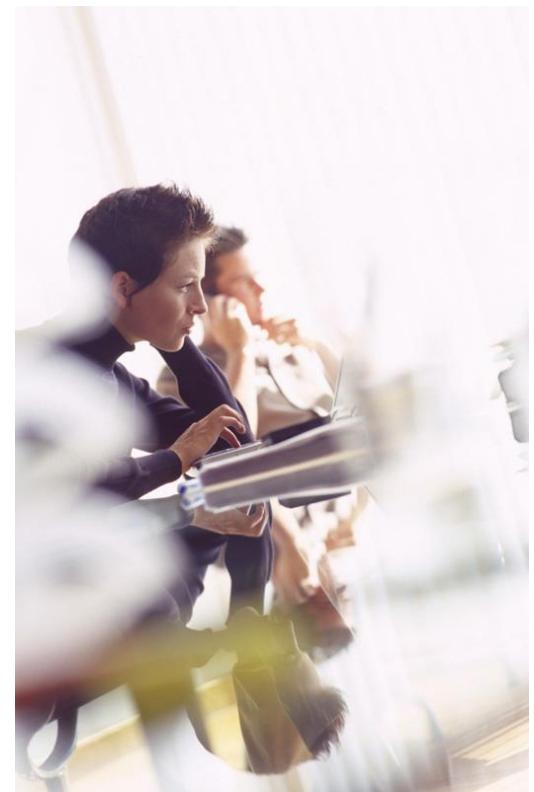
Konsequenz ...

- Aufwändige, nicht wertschöpfende und zum Teil überflüssige Tätigkeiten führen zu
 - Zusätzlichen Arbeitszeiten
 - Verlängerung der Durchlaufzeiten
 - Reduzierung der Qualität
 - Isoliertem Wissen
 - Motivationsknick
 - Innovationsknick

- Chancen
 - Über das Projekt die notwendigen Veränderungsprozesse einleiten. (Bsp: Auftragsabwicklung)
 - Basis für zukünftige Herausforderungen schaffen (Bsp.: Konfigurationsmanagement)
- Risiken
 - Zu viel selber machen wollen/müssen
 - Nichts zu tun (PLM & ERP Anforderungen ignorieren)
-> „Cost of Delay“

Step 4: Abschluss-Präsentation

- Darstellung der Kunden-Anforderungen
- Zusammenfassung der Ergebnisse
- Vorstellung des Lösungs- und Bewertungskonzeptes
- Empfehlungen
- Management- Summary



... und Festlegung der weiteren Vorgehensweise

interne Diskussion der vorgestellten Ergebnisse und Maßnahmen	Geschäftsleitung	
Priorisierung der nächsten Maßnahmen		
Diskussion weitere Vorgehensweise mit Partner		
Definition der Projektverantwortlichen		
Aktivitäten		

ENDE



nicht verwendete Folien

CAD II