

Product Lifecycle Management

Martin Eigner • Ralph Stelzer

Product Lifecycle Management

Ein Leitfaden für Product Development
und Life Cycle Management

2., neu bearbeitete Auflage



Springer

Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner
TU Kaiserslautern
67653 Kaiserslautern
Deutschland
eigner@mv.uni-kl.de

Prof. Dr.-Ing. Ralph Stelzer
TU Dresden
Inst. Maschinenelemente und
Maschinenkonstruktionen
Fak. Maschinenwesen
01062 Dresden
Deutschland
ralph.stelzer@tu-dresden.de

ISBN 978-3-540-44373-5

e-ISBN 978-3-540-68401-5

DOI 10.1007/978-3-540-68401-5

Springer Dordrecht Heidelberg London New York

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort zur 2. Auflage

Product Lifecycle Management (PLM) stellt eine wesentliche Grundlage des heutigen Produktentstehungsprozesses dar. Mit der zunehmenden Verbreitung dieser Technologie und deren Anwendung auf den gesamten Produktlebenszyklus entwickelt sich eine IT Lösung, die ähnlich den ERP-Systemen für die Logistik und Produktion eine Backbone-Funktion für den gesamten Prozess der virtuellen Produktentwicklung und der digitalen Fabrik erhalten hat.

Die Autoren möchten in diesem Buch sowohl einen methodischen Überblick über die Technologien als auch konkrete Anwendungsbeispiele geben. Organisatorische Maßnahmen der Einsatzvorbereitung, PLM-Projektmanagement und Nutzenbetrachtung werden ebenfalls vorgestellt.

Zur Neubearbeitung des Buches haben eine Reihe von Experten beigetragen, denen unser Dank gilt. Ein ganz besonderer Dank gebührt Herrn Dr. Michael Muschiol von der SIEMENS AG für die vielfältigen wertvollen Hinweise und die Durchsicht des Manuskripts. Herzlich bedanken möchten wir uns weiterhin bei den Damen Bettina Schleidt und Krisztina Szeghő sowie den Herren Michael Bitzer, Florian Gerhardt, Martin Langlotz, Mathias Zagel und Detlef Haesner von der Firma usb. Die grafische Gestaltung und Formatierung wurde wesentlich unterstützt von den Herren Matthias Roth und Marcel Böttrich.

Kaiserslautern und Dresden,
im Dezember 2008

Martin Eigner und Ralph Stelzer

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
	Literatur	7
2	Der Produktentstehungsprozess im Wandel	9
2.1	Der Produktentstehungsprozess als Teil des Produktlebenszyklus	9
2.2	Wandlung des Produktentstehungsprozesses	11
2.3	Anforderungen an den Einsatz von IT-Lösungen in der Produktentstehung	18
2.3.1	Cross Enterprise Engineering (CEE)	18
2.3.2	Virtualität	21
2.3.3	Prozessintegration	23
	Literatur	24
3	Produktdaten-Management und Product Lifecycle Management	27
3.1	Produkt-, Prozess- und Konfigurationsmodelle	27
3.2	PDM – Definition und Funktionsüberblick	31
3.3	Erweiterung des PDM-Ansatzes durch Product Lifecycle Management	36
3.4	Einbindung von PLM-Lösungen in eine betriebliche IT-Architektur	43
	Literatur	44
4	PLM als Backbone der virtuellen Produktentstehung	47
4.1	Virtuelle Produktentstehung – Definition	47
4.2	IT-Lösungen für die virtuelle Produktentstehung	48
	Literatur	62
5	Organisatorische und methodische Voraussetzungen der PLM-Einführung	65
5.1	Nummernsysteme	65
5.2	Klassifizierungssysteme	71
5.3	Produktstrukturen	78
5.4	Dokumentenverwaltung	92
5.5	Freigabe- und Änderungswesen	99
5.6	Konfigurationsmanagement (CM)	112
	Literatur	122

6	Komponenten und Kernfunktionen einer PLM-Lösung ...	125
6.1	Produktstruktur und Stammdatenverwaltung	125
6.2	Dokumentenmanagement	133
6.2.1	Metadaten	133
6.2.2	File-Management	138
6.2.3	Verwaltung konventioneller Dokumente	140
6.2.4	Dokumentenstrukturen	147
6.2.5	Handhabung von Modellen und Zeichnungen	150
6.3	Gruppentechnik	152
6.3.1	Schlagworte	153
6.3.2	Der Thesaurus	154
6.3.3	Sachmerkmaleisten	156
6.3.4	Geometrische Klassifizierung	159
6.4	Freigabe- und Änderungswesen	162
6.4.1	Freigabewesen	162
6.4.2	Änderungswesen	166
6.4.3	Workflow – Management	167
6.5	Management Support	170
6.5.1	Projektverwaltung	170
6.5.2	Analytics und Reporting	173
6.6	Kunden und Zulieferer	175
6.6.1	Anforderungsmanagement	175
6.6.2	Publishing	177
6.7	Engineering Collaboration	182
6.7.1	Anforderungen und Lösungskonzepte	182
6.7.2	Computer Supported Cooperative Work	183
6.7.3	Verteilte Systeme – Datenreplikation	191
6.7.4	Austausch von Produktinformationen	196
6.7.5	Verfahren der Datenübertragung	201
6.7.6	Datenaustausch mit XML	204
6.7.7	Batch-Zugriff auf PLM-Daten	206
	Literatur	210
7	Input / Output – Management	215
7.1	Erfassung externer Daten	215
7.1.1	Data Capturing	215
7.1.2	Reverse Engineering	220
7.2	Digital Engineering Visualization	225
7.2.1	Überblick	225
7.2.2	Viewen und Redlining	226
7.2.3	Digital Mock-Up	230
7.2.4	Virtual Reality	236
7.3	Ausgabefunktionen	242
7.3.1	Drucken	242

7.3.2	Plotten	245
7.3.3	Rapid Prototyping	248
	Literatur	250
8	Integrationen	253
8.1	Bedeutung von Integrationen	253
8.2	Architektur von Integrationsplattformen	255
8.3	Integrationen von Autorensystemen	263
8.3.1	Systemüberblick	263
8.3.2	CAD-Systeme für die mechanische Konstruktion	266
8.3.3	Softwareentwicklungssysteme	289
8.3.4	CAD-Systeme für die elektrische und elektronische Konstruktion	293
8.4	Integration von Team Data Management-Systemen	295
8.5	Enterprise Application Integration (EAI)	297
8.6	ERP Kopplungen	301
8.6.1	Einführung	301
8.6.2	Aufgabenverteilung zwischen PLM und ERP	303
8.6.3	Dokumente im ERP-System	307
	Literatur	309
9	Technische Infrastruktur und Systemfunktionen	311
9.1	Architektur von PLM-Lösungen	311
9.1.1	PLM-Schichtenkonzept	311
9.1.2	Datenhaltungsschicht	314
9.1.3	Applikationsschicht	320
9.1.4	Service-orientierte Architekturen	323
9.1.5	Benutzungsoberfläche	327
9.2	Zugriffsschutz und Sicherheit	333
9.2.1	Privilegienverwaltung	334
9.2.2	Access Control Listen	337
9.2.3	Projektspezifisches Arbeiten	338
9.2.4	Sicherheitskonzepte für die Datenübertragung	339
9.3	Verfügbarkeit von PLM-Lösungen	343
9.3.1	Sicherung des laufenden Betriebes	343
9.3.2	Archivierung	345
9.4	Betriebliches Anpassen von PLM-Lösungen	347
	Literatur	350
10	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von PLM-Lösungen ..	353
10.1	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	353
10.2	Erstellen einer Investitionsanalyse für PLM	356
10.2.1	Schritt 1 der Investitionsanalyse (Ist-Zustand)	356
10.2.2	Schritt 2 der Investitionsanalyse (Feststellen der betriebspezifischen Auswirkungen der PLM-Einführung)	358

10.2.3 Schritt 3 der Investitionsanalyse (Kosten-Nutzen-Erfassungsmodell)	364
10.2.4 Schritt 4 der Investitionsanalyse (Berechnung)	365
10.2.5 Schritt 5 der Investitionsanalyse (Ergebnisaufbereitung) ...	372
10.3 Beispiele von Nutzenkomponenten PLM	375
10.4 Beispiele von Nutzenkomponenten bei der Virtuellen Produktentstehung	379
Literatur	382
11 PLM-Einführungsplanung	385
11.1 Begriffsdefinitionen des Projektmanagements	385
11.2 Ausgewählte Prozessmodellierungsmethoden	387
11.3 VDI Richtlinie 2219 und weitere PLM-Einführungsmethoden	390
11.4 Kombinierte Projekt- und Prozessgesteuerte PLM-Einführung	393
11.4.1 Projektdefinition	394
11.4.2 Ist-Analyse	396
11.4.3 Soll-Konzept	399
11.4.4 Systemauswahl	406
11.4.5 Einführung und Betrieb	408
11.4.6 Auslaufphase	409
11.5 Der Faktor „Mensch“ bei der Einführung von PLM	411
Literatur	413
12 Zusammenfassung	417
Glossar	419
Sachverzeichnis	429

1 Einleitung

Komplexere Produkte und Prozesse in der Entwicklung fordern neue Methoden und IT-Lösungen. Product Lifecycle Management-Lösungen spielen eine wesentliche Rolle bei der Optimierung des Produktentstehungsprozesses. Die Durchdringung dieser Systeme gerade für kleinere und mittlere Unternehmen sowie der Einsatz über den gesamten Produktlebenszyklus sind heute noch nicht gewährleistet. Dies kann nur geschehen, wenn die Implementierung dieser Systeme als ganzheitlicher Prozess betrachtet wird, der die Organisation, die Technik und den Menschen umfasst.

Die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung innovativer Produkte sowie die Fähigkeit, auf sich dynamisch wandelnde Märkte zu reagieren, ist eine wichtige Voraussetzung zur Aufrechterhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in einem globalen Umfeld. Der Markt fordert verkürzte Durchlaufzeiten, reduzierte Kosten über den ganzen Produktlebenszyklus, zunehmende Absicherung bezüglich der Produkthaftung und der daraus abgeleiteten Regeln des Qualitätsmanagements. Die voranschreitenden internationalen Kooperationen zwischen Zulieferern untereinander sowie mit den OEM¹ führen zu einer starken Vernetzung verschiedener Unternehmens-einheiten im Rahmen eines Zuliefererverbundes oder einer Kunden/Zulieferer-Beziehung. Daraus leiten sich vollständig neue Methoden für den Produktentstehungsprozess (PEP)² ab. Der PEP besteht aus der eigentlichen Produktentwicklung und der Produktionsentwicklung. Aus der Sicht der IT-Lösungen gehören zum PEP u. a. die Virtuelle Produkt Entwicklung (VPE), die digitale Planung, die Fertigungs- und Montagesimulation sowie das gemeinsame und umfassende Management aller auf das Produkt und die Produktionsplanung bezogenen Informationen in digitaler Form und deren Visualisierung. Alle Methoden basieren darauf, die Entwicklungstätigkeiten über den gesamten Produktlebenszyklus zu optimieren. Der PEP ist ein Teil des gesamten Unternehmensprozesses. Sein Resultat ist das intellektuelle Produkt mit allen zur Herstellung benötigten Planungsunterlagen und Ressourcen, d. h. die Produktbeschreibung mit allen dazugehörigen Dokumenten, Beschreibungen, Spezifikationen, digitalen Modellen und Entwurfs- und Produktionsunterlagen aller

¹ OEM = Original Equipment Manufacturer

² Der Begriff PEP wird von manchen Autoren auch für den Produktentwicklungsprozess verwendet. Auch der Begriff Produktentstehung ist nicht eindeutig [SPK-97]. Teilweise betrifft er nur die Produktentwicklung, teilweise reicht er bis in die Produktion.

zugehörigen Betriebsmittel (Werkzeuge, Maschinen, Anlagen,...). Ein teilweise überlappender Prozess ist die Produktherstellung (Abb. 1–1), deren Resultat das durch Fertigung und Montage sowie Einkauf entstandene physische Produkt ist, und die Bereitstellung der notwendigen operativen Ressourcen (Anlagen, Betriebsmittel, Personal, Finanzmittel). Die Überlappung entsteht dadurch, dass bereits in der Produktentwicklungsphase Muster und Prototypen nicht nur digital, sondern auch physisch hergestellt werden.

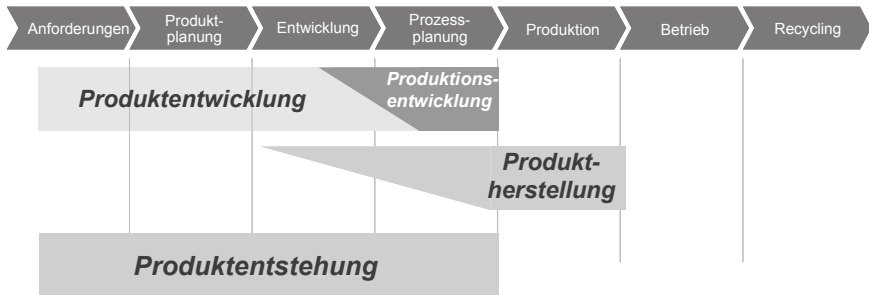


Abb. 1–1 Zusammenhang Produkt-, Produktionsentwicklung und Produktentstehung und Produktherstellung

Auf der IT-Ebene werden die neuen Methoden durch moderne CAD-, CAM- und CAE-Systeme³ sowie entsprechenden Simulations- und Visualisierungstechniken unterstützt. *PLM*⁴-Lösungen bilden den funktionalen und administrativen Backbone. Sie sind Ende der 90er Jahre aus einer Erweiterung von *PDM*⁵-Systemen entstanden.

In Anlehnung an Peter Keen „Shaping the future business design“ ergeben sich damit gänzlich neue Anforderungen an die Unternehmensführung und IT-Leitung, z. B. Integration von Arbeitsabläufen, organisatorische Flexibilität, Standortunabhängigkeit, schnelle Nutzung neuer Technologien und Sicherung von Kooperationsmöglichkeiten [BUE–94]. Eine breite Kommunikations- und Steuerfähigkeit runden die Anforderungen ab. Von der Konzentration auf die finanztechnischen und produktionsrelevanten Anwendungen (↪ ERP = Enterprise Resource Planning) erfolgt nun eine Orientierung zugunsten Marketing, Vertrieb, Supply Chain Management, Kundenservice und vor allem auf die zur Produktentstehung gehörenden Ingenieurtätigkeiten. Insbesondere die Produktinnovation und damit die frühen Phasen der Produktentstehung sollen

³ CAD = Computer Aided Design, CAM = Computer Aided Manufacturing, CAE = Computer Aided Engineering

⁴ PLM = Product Lifecycle Management

⁵ PDM = Produktdaten Management

durch Methoden- und Prozessoptimierung sowie IT-Lösungen optimiert werden.

Die Gründe hierfür sind vielfältig. Generell haben sich die Randbedingungen für Fertigungsunternehmen vielfach verändert und damit auch die Tätigkeiten des Ingenieurs maßgeblich beeinflusst. Abbildung 1–2 verdeutlicht die Notwendigkeit für eine Intensivierung und Optimierung der Entwicklungstätigkeiten in Richtung innovativer Produkte gerade in Hochlohnländern Zentraleuropas.

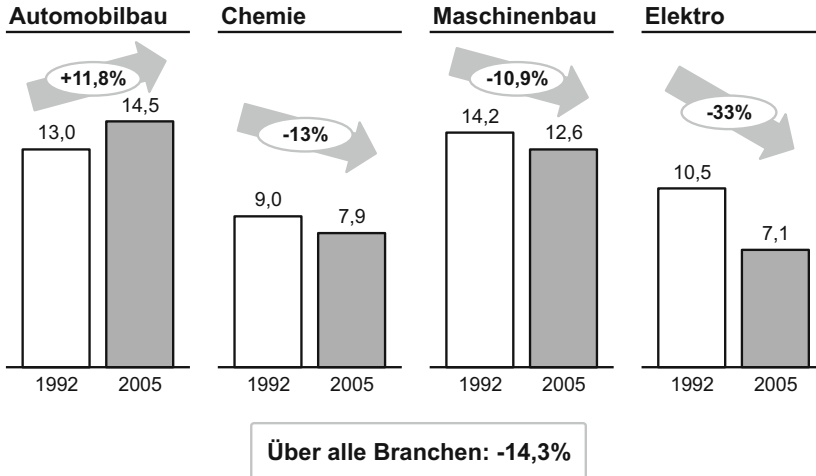


Abb. 1–2 Deutschland verliert Weltmarktanteile [MEF–06]

Im Gegensatz zu dieser Forderung hat sich in den letzten Jahren die Rolle des Ingenieurs in der Entwicklung und Konstruktion von der kreativen Tätigkeit mehr zum Administrieren, Kommunizieren und Informieren aber auch zum teamorientierten Entscheiden verschoben. Immer mehr Entscheidungen, die früher in nachgeschalteten Phasen stattfanden, werden in den Entwurfs- und Konstruktionsprozess verlagert [EIS–06]. Dadurch wird der Konstrukteur viel stärker in den Planungs-, Beschaffungs- und Produktionsprozess involviert. Diese veränderte Rolle kann er nur bewältigen, wenn er neue Methoden der Planungs- und Entscheidungsunterstützung sowie der Informationsbeschaffung bereitgestellt bekommt. Dabei sind herkömmliche IT-Ansätze nicht mehr ausreichend, da sie sich nur auf die Verwaltung und Beschaffung der entwicklungsorientierten Informationen konzentrieren.

Über manuell und rechnerunterstützt erstellte Informationen verfügen heute die Unternehmen in zunehmendem Maß. Je größer der Datenbestand ist und je flexibler und dezentraler die Aufbau- und Ablauforganisation sind, desto schwieriger wird es, die Informationen zu steuern und zu verwalten. Dazu kommen Normen und Gesetze, die die produktbezogenen Informationen zum

Bestandteil von Produkthaftungsregeln (EG-Richtlinie 85/374) und Qualitätsmanagement (DIN/ISO 9001 und ISO 10007) machen sowie Anforderungen des Marktes, global und international in Zulieferer/Kunden-Verbünden zu kooperieren und möglichst in der frühen Phase der Produktentstehung bereits im Team zusammenzuarbeiten, permanent zu kommunizieren und Informationen elektronisch auszutauschen.

Wesentlich ist in jedem Fall, dass die teamorientierte Kommunikation und die zielgerichtete Bereitstellung von Informationen für den Ingenieur wesentlich für die Entscheidungsfindung sind und damit zukünftig den Geschäftserfolg mitbestimmen. Nicht die Masse der Informationen ist entscheidend, sondern es kommt darauf an, die richtigen Informationen dahin zu leiten, sinnvoll aufzubereiten und zu präsentieren, wo sie gebraucht werden. Betriebsinterne und -externe Informationen werden zur wesentlichen Ressource des Produktdefinitionsprozesses.

In diesem Umfeld gewinnt der strategische Ansatz PLM zunehmend an Bedeutung und kann als Erweiterung der langjährigen Aktivitäten im Produktdatenmanagement gelten. Mit einer systemtechnischen Lösung für Product Lifecycle Management können Informationen erfasst oder über sog. Erzeugersysteme, z. B. CAD-, CAE-, CAM- und Office-Systeme, automatisch übernommen, individuell aufbereitet, abgerufen, administriert, analysiert und weitergeleitet werden. Das System passt sich durch flexibles Customizing dem Produkt- und Prozessmodell des jeweiligen Unternehmens an.

PLM darf nicht isoliert betrachtet werden, sondern muss in die gesamte IT-Strategie des Unternehmens und speziell im Produktentstehungsprozess eingebettet sein. Zielsetzung dieser integrierten Gesamtlösung ist die Unterstützung des Ingenieurs bei den administrativen, informativen und kommunikativen Tätigkeitsanteilen durch Infrastrukturwerkzeuge sowie bei den kreativen Tätigkeitsanteilen durch Produktbeschreibungswerkzeuge über alle Phasen der Produktdefinition und Produktentstehung (Abb. 1–3). Voraussetzung ist ein integriertes Produktdatenmodell (IPDM) und natürlich die Schaffung geeigneter technischer und organisatorischer Randbedingungen.

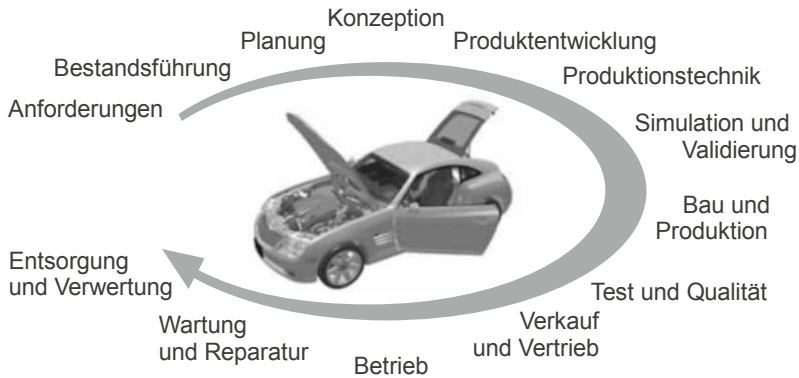


Abb. 1–3 IPDM eingebettet in eine IT-Gesamtstrategie [CIM–07]

In einer Befragung von Entwicklungsmanagern bezüglich der strategischen Zielsetzung einer PLM-Einführung wurde neben den „Standard“-Zielen Zeit-, Kostenreduktion und Qualitätsverbesserung auch die Erhöhung des Innovationspotenzials genannt (Abb. 1–4) [DAS–08].

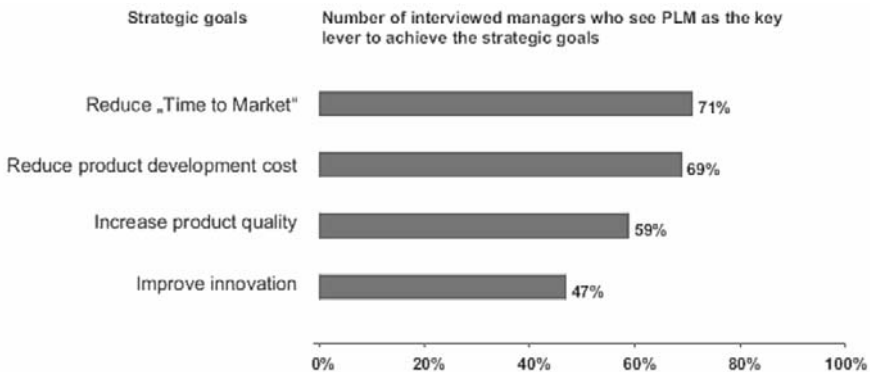


Abb. 1–4 Strategische Ziele einer PLM Einführung [DAS–08]

Hinterfragt man den *realen* Stand der Einführung von PLM in der Industrie, so ist der Anteil der konsequent in die Unternehmensprozesse integrierten und eingeführten Lösungen erschreckend gering. Diese Aussage wird u. a. durch Deloitte Research in [DEL–05] belegt. Dort wird eine vollständige Einsatzfähigkeit von PLM-Lösungen nur bei 8% der Unternehmen bescheinigt. 51% der Unternehmen werden eine teilweise Implementierung bescheinigt (Abb. 1–5).

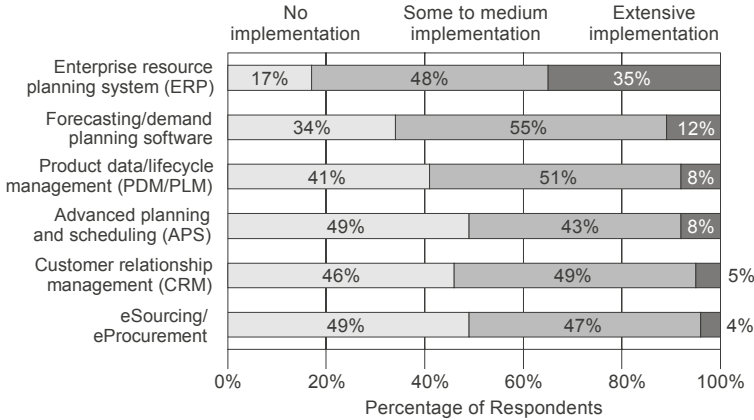


Abb. 1–5 Einführungsstand von IT Systemen [DEL–05]

Neben den zuvor genannten Zahlen werden zwei weitere Trends aufgezeigt. Erstens sind die Einsätze heutiger PLM-Lösungen im Wesentlichen auf die Phase der Entwicklung und Konstruktion beschränkt (Abb. 1–6) und zweitens setzt sich der Anwenderkreis hauptsächlich aus Großfirmen zusammen. Der Einsatz von PLM in kleinen und mittleren Unternehmen ist heute noch gering [ABS–04].

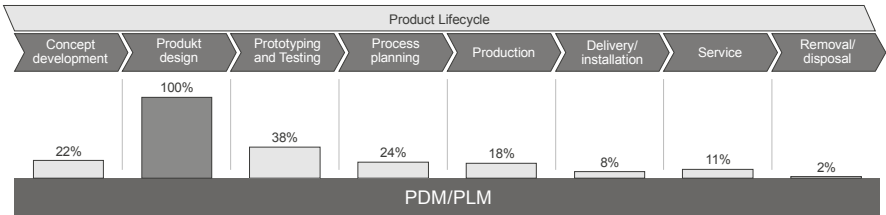


Abb. 1–6 Einsatz von PLM im Produktentstehungsprozess [ABS–04]

Die am häufigsten bei der Einführung von PLM auftretenden Probleme lassen sich in die Bereiche Technik, Organisation/Prozesse, Management und Mensch einteilen, die in erster Näherung von der Relevanz als gleichwertig betrachtet werden sollen. Typischerweise konzentrieren sich aber gerade Ingenieure auf detaillierte technische Kriterien, denen sie durch exakte Verfahren wie der Nutzwertanalyse, eine Aussagekraft zubilligen, die für den späteren Einführungsprozess relativ unbedeutend sein kann. Gestützt auf Exaktheit vortäuschender Bewertungen bis auf die zweite Stelle hinter dem Komma, werden die Bereiche Mensch, Aufbauorganisation und Prozesse vernachlässigt.

Möglichkeiten der Unterstützung bietet ein ganzheitlicher Ansatz zur Betrachtung der PLM-Einführungsproblematik. Hier ist insbesondere der sog. *Change-Management-Ansatz*, dessen Instrumente Menschen in Veränderungspro-

zessen als Hilfestellung zur Verfügung stehen und die entwickelt wurden, um organisatorische, technische und vor allem auch psychologische Komponenten von Veränderungsprozessen in Einklang miteinander zu bringen. Wesentlich ist dabei die Einbeziehung von allen am Projekterfolg beteiligten Menschen, d. h. Mitarbeiter, Anwender, Stakeholder und Führungskräfte [EIS-06]. Schließlich sind sie es, die mit ihrer Arbeitsleistung und ihrem Verhalten den „Wert“ in der Wertschöpfungskette der Produktentstehung realisieren. Darüber hinaus sind die Arbeitspersonen in zentraler Weise von den Veränderungen betroffen und ihre *Akzeptanz* entscheidet über den Erfolg von Veränderungs- und Implementierungsprojekten. Erfahrungsgemäß scheitern Projekte, in denen der „Faktor Mensch“ nicht ausreichend berücksichtigt wird und die ihre Ausrichtung ausschließlich auf den technischen Veränderungen haben. Durch den Einsatz neuer Informationstechnologien werden dem Unternehmen neue Möglichkeiten eröffnet. Der wahre Mehrwert ergibt sich dabei aber erst durch eine adäquate Prozessinnovation, die auf der IT-Plattform beruht [MCA-08].

Literatur

- ABS-04 Abramovici, M.; Schulte, S. et al.: Benefits of PLM - Nutzenpotentiale des Product Lifecycle Managements in der Automobilindustrie. Benchmark Studie, IBM Verlag, Frankfurt 2004
- BUE-94 Bues, M.: Offene Systeme – Strategien, Konzepte und Techniken für das Informationsmanagement. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 1994
- CIM-07 cimmetry: <http://www.cimmetry.com/de/index.html>; Zugriff: 23. Juli 2007
- DAS-08 Dasberg, J.: Product Innovation Framework. accenture 01.05.2008
- DEL-05 Deloitte: Mastering Innovation. A Deloitte Research Global Manufacturing Study 2005
- EIS-06 Eigner, M.; Schleidt, T.: Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit im Cross Enterprise Engineering. wt Werkstattstechnik online 8 (2006) 6
- MEF-06 Meffert, J.: Unternehmertum Deutschland Eine Perspektive für profitables Wachsen. Vortrag Sparkassentag Hessen-Thüringen, Fulda, McKinsey&Company 01.11.2006
- SPK-97 Spur, G.; Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt – Management der CAD-Technik. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1997

2 Der Produktentstehungsprozess im Wandel

Der Produktentstehungsprozess hat sich in den letzten Jahren insbesondere durch die Zunahme der Produkt- und Prozesskomplexität zunehmend verändert. Ein wesentliches Resultat dieser Veränderung ist die Abnahme des fachlich/kreativen Teils der Ingenieur Tätigkeiten. Um diesem Trend entgegen zu wirken sollen u. a. IT-Lösungen den Produktentstehungsprozess optimieren. Schwerpunkte der Anforderungen sind Unterstützung des Cross Enterprise Engineering, der zunehmenden Virtualisierung und der Prozessintegration. Moderne IT-Lösungen für den PEP müssen interdisziplinär, integrativ und förderativ gestaltet sein.

2.1 Der Produktentstehungsprozess als Teil des Produktlebenszyklus

Der Produktlebenszyklus ist ein Kernprozess von Industrieunternehmen. Ein wichtiger Faktor hierbei ist die mehr und mehr ganzheitliche, den gesamten Produktlebenszyklus (engl.: Product Lifecycle) umspannende Sichtweise, die die heute noch vorherrschenden starren Grenzen zwischen verschiedenen Phasen, Abteilungen und IT-Lösungen aufhebt. Der Produktlebenszyklus umfasst die komplette Planung und Entwicklung von Produkten und ihren zugehörigen Betriebsmitteln, Ressourcen, Fertigungs- und Montageprozessen, deren Herstellung sowie Nutzung, Betrieb und Recycling. Die einzelnen Phasen des Prozesses mit den zugeordneten Tätigkeiten zeigt Abb. 2–1.



Abb. 2–1 Phasen und Tätigkeiten des Produktlebenszyklus

Der Produktentstehungsprozess ist Teil des Produktlebenszyklus. Sein Resultat ist das intellektuelle Produkt inklusive aller Produktionsunterlagen, d. h. die Produkt- und Produktionsbeschreibung mit allen dazugehörigen Dokumenten, Spezifikationen, digitalen Modellen und Entwurfsunterlagen aller zugehörigen Betriebsmittel (Werkzeuge, Maschinen, Anlagen,...). Er umfasst ebenso die Machbarkeitsanalyse, die Programm- bzw. Produktplanung, das Produktdesign, die eigentliche Produktentwicklung und -konstruktion, die Analyse, Berechnung und Simulation des Produktverhaltens sowie die Produktionsentwicklung, d. h. die Fertigungs- und Montageplanung und die Fabriksimulation. Am Ende der Produktentwicklungsphase existiert eine vollständige elektronische Beschreibung des virtuellen Produkts [SPK-97], der sog. digitale Master. Darüber hinaus ist der Ingenieur im Rahmen der Produktionsentwicklung eingebunden in den Beschaffungsprozess (SCM¹), in die Planung des Fertigungs- und Montageprozesses und der damit zusammenhängenden Konstruktion bzw. die Beschaffung der gesamten Betriebsmittel (↪ Prozessplanung), die Simulation und in die technische Dokumentation, die i. d. R. Bestandteil des Auslieferungsumfangs ist. Ist das Unternehmen nach der Auslieferung für den Betrieb und/oder die Wartung des Investitionsguts verantwortlich – typischerweise im Flugzeugbau, in der Verteidigungsindustrie, dem allg. Transportwesen und Schiffbau – so ist die Planung der Wartungsintervalle, der Inspektion und der Ersatzteilversorgung (↪ MRO²) ebenfalls Bestandteil dieses PEP (Abb. 2–2).

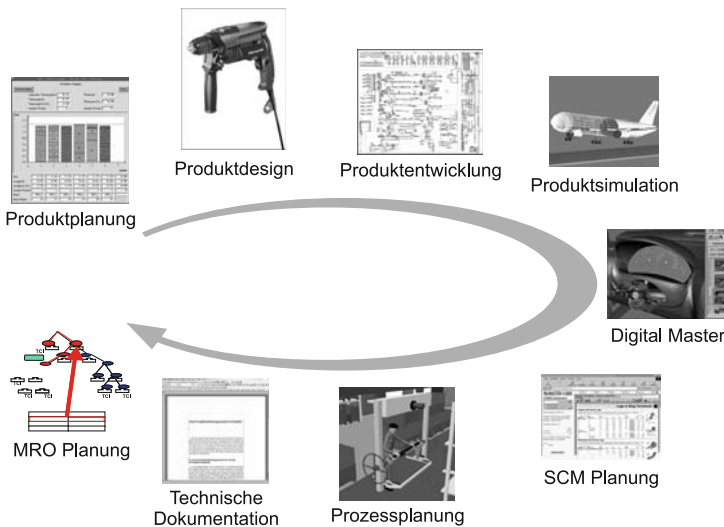


Abb. 2–2 Phasen des Produktentstehungsprozesses

¹ SCM = Supply Chain Management

² MRO = Maintenance, Repair and Overhaul

2.2 Wandlung des Produktentstehungsprozesses

In den letzten Jahren haben sich die Ingenieurtätigkeiten innerhalb des Produktentstehungsprozesses gewandelt (Abb. 2–3). Die Einflüsse resultieren aus veränderten Marktbedingungen, aus neuen Anforderungen an das Produkt und aus Kundensicht.

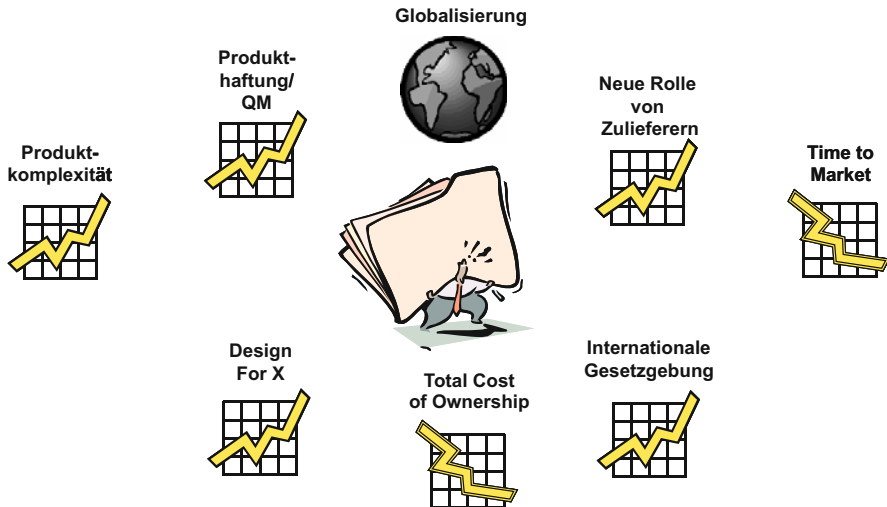


Abb. 2–3 Veränderte Randbedingungen der Ingenieurtätigkeiten

Der Anstieg der *Produktkomplexität* resultiert zum einen aus einer weitaus stärkeren „multi market“-fähigen Produktvielfalt, die sich in einer Vielzahl von Varianten und Produktderivaten auf gemeinsamen Plattformen ausdrückt (Abb. 2–4). Zum anderen steigt der Anteil elektronischer Komponenten und der zugehörigen „embedded software“ ständig (↗ Mechatronik), wie Abb. 2–5 zeigt. Der wertmäßige Anteil an Elektronik und Software hat in den letzten Jahren ständig zugenommen und liegt z. B. im Fahrzeugbau bei ca. 40% [TRE–04]. Als Herausforderung ergeben sich daraus eine höhere Komplexität und kürzere Entwicklungszyklen.

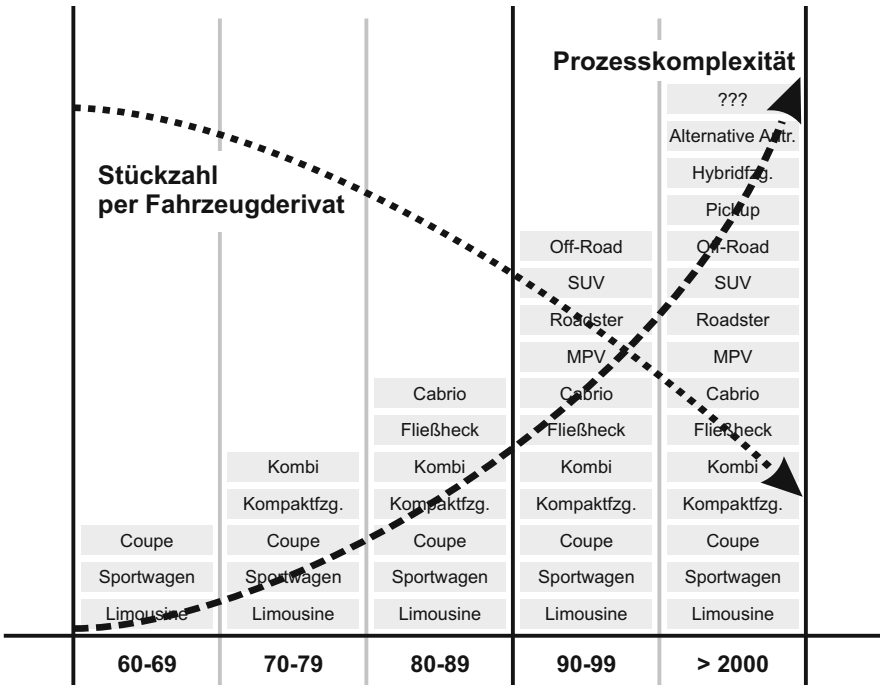


Abb. 2-4 Entwicklung der Produktstrategie in der Automobilindustrie (Quelle: Pätzold, ProSTEP AG)

Die zahlreichen Abhängigkeiten innerhalb der Disziplinen mechatronischer Produkte stellen besondere Anforderungen an den Produktentstehungsprozess. Die frühe Fehlervermeidung und Entwicklung fehlertoleranter Produkte werden von den heutigen, disziplinspezifischen Methoden und Werkzeugen nur unzureichend unterstützt. Die Folge sind zahlreiche Rücksprünge in den Entwicklungsschritten oder die Erkennung von Fehlern erst anhand von Prototypen oder beim Kunden. Wo bislang die Elektronik- bzw. Softwareentwicklung als Dienstleister für eine Mechanik-Entwicklung galt, muss zukünftig ein die Fachdisziplinen integrierender, „mechatronischer“ Produktentstehungsprozess definiert werden. Aufgrund der fachdisziplinspezifischen Vorgehensweisen und Methoden ist hierzu eine wirksame Koordination der Disziplinen Maschinenbau, Elektronik, Informationstechnik und Regelungstechnik erforderlich.

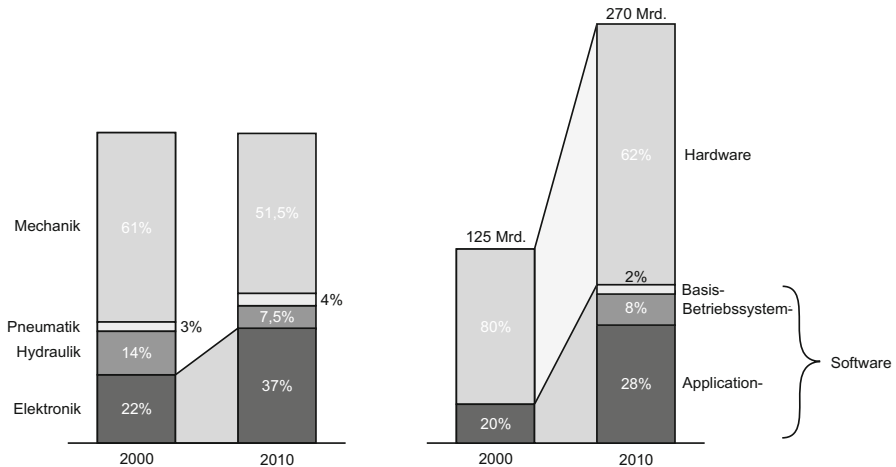


Abb. 2-5 Zunahme der Elektronik/Mechatronik [MMC-01]

Unter *Produkthaftung* versteht man die Haftung für Schäden aus der Benutzung von Produkten, d. h. für Personen- und Sachschäden, die ein Verbraucher oder sonstige Personen aufgrund der Fehlerhaftigkeit eines Erzeugnisses erleiden [KRA-99]. Dabei geht es nicht um den Schaden am Produkt selbst, da es sich hier um den Bereich der Gewährleistung handelt. Wesentliches Merkmal der Produkthaftung nach § 823 BGB ist die Tatsache, dass diese Haftung verschuldensabhängig ist. Dies bedeutet, dass eine Ersatzpflicht des Schädigers nur dann eintritt, wenn er schuldhaft, d. h. vorsätzlich oder fahrlässig gehandelt hat. Hersteller ist derjenige, der ein Produkt selber herstellt bzw. der Zulieferer hinsichtlich seines zugelieferten Beitrages. Darüber hinaus kann auch der verantwortliche Mitarbeiter persönlich nach den Grundsätzen der Produzentenhaftung haften. Da es sich hier um eine verschuldensabhängige Haftung handelt, haftet der Hersteller nur dann, wenn er schuldhaft gehandelt hat. Insofern war es in der Vergangenheit Sache des Anspruchstellers, ein Verschulden des schädigenden Produzenten zu beweisen. Aufgrund der Besonderheit, dass der Verbraucher keinen Einblick in den Betrieb und den Herstellungsprozess eines Unternehmens nehmen kann, ist die Rechtsprechung dazu übergegangen, die Beweislast zu Lasten des Herstellers umzukehren. Dies hat zur Folge, dass nicht der Geschädigte ein Verschulden des Herstellers beweisen muss, sondern der Hersteller sich entlasten muss. Diese Beweislastumkehr ist in den letzten Jahren immer weiter ausgedehnt worden und hat zu einer Verschärfung der Produzentenhaftung geführt. Produkthaftung wird künftig nicht nur unter dem Aspekt der Qualität technischer Dokumentationen und Bedienungsanleitungen verstärkt Beachtung geschenkt werden müssen, sondern im Rahmen der DIN/ISO 9001 wird im sog. „Rekonfigurationsparagrafen“ (§ 7.5.3) klar gesagt, welche Pflichten der Hersteller im Schadensfall tatsächlich hat. Dazu gehören die Rückverfolgbarkeit aller zur Produktbeschreibung,

-herstellung und zum Betrieb notwendigen Unterlagen in der jeweils aktuellen Version [KUE-01]. Die betriebliche Umsetzung erfolgt i. d. R. durch ein Konfigurationsmanagementsystem.

Globalisierung und die *veränderte Rolle der Zulieferer* verlangen neue Methoden, Prozesse und IT-Lösungen, um in einer vollständig vernetzten Unternehmenswelt mit ständig wechselnden Partnerschaften den Produktentstehungsprozess abzuwickeln. Entwicklungspartnerschaften gehen von folgender Verteilung der Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben aus:

- innerhalb des Unternehmens z. B. auf mehrere Standorte,
- zwischen Unternehmen eines gemeinsamen Zuliefererverbunds und
- zwischen Unternehmen in einer Kunden/Zulieferer-Beziehung.

Die zunehmende weltweite und unternehmensübergreifende Arbeitsteilung innerhalb der Wertschöpfungskette führt zu komplexeren, vernetzten Arbeitsorganisationen und einem verstärkten Einsatz von bereichsübergreifenden Kommunikationstechnologien sowie zu Problemen der zielgerichteten Kommunikation zwischen Beteiligten verschiedener Zeitzonen und Kulturräumen. Abbildung 2–6 verdeutlicht die in den letzten Jahren erkennbare Veränderung der Rollenverteilung zwischen OEM³ und Zulieferer. Die aus der zunehmenden Vernetzung in der Zuliefererkette resultierende Komplexität der Kommunikation ist Abb. 2–7 zu entnehmen.

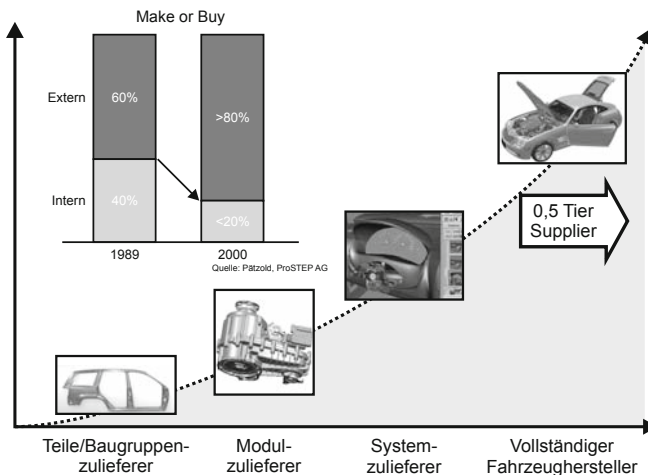


Abb. 2–6 Neue Rolle der Zulieferer (Quelle: Magna Steyr Fahrzeugtechnik)

³ OEM = Original Equipment Manufacturer

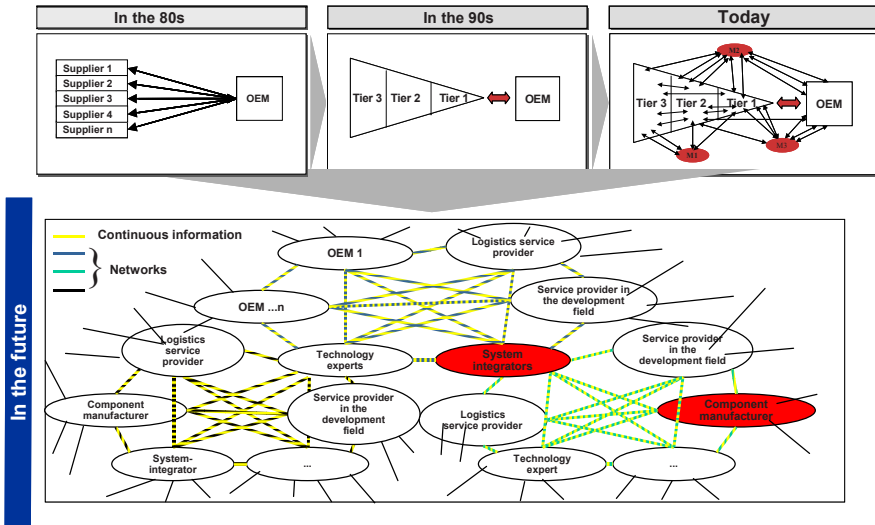


Abb. 2–7 Vernetzte Arbeitssituation im PEP (Quelle: Dr. Göschel, BMW Group)

Zusätzlich haben auch die Anforderungen nach *Durchlaufzeitverkürzung* (↳ *Time to Market*) und früherer Marktbereitstellung von Produkten zu einer veränderten Arbeitssituation für Ingenieure in der Produktentstehung geführt [WAR–99].

Neben dem immer stärker dominierenden Zeitfaktor spielen auch die Kosten – und dabei nicht nur die Produktherstellkosten, sondern die sog. *Total Cost of Ownership (TCO)*, d. h. die Kosten, die während des gesamten Lebenszyklus des Produktes für den Benutzer/Anwender anfallen – eine Rolle. Allerdings ist bei den Einsparpotenzialen eine Verlagerung von den verursachten zu den geplanten Kosten festzustellen (Abb. 2–8) [EIG–03]. Dieser Trend ist konsequent, denn die geplanten Kosten der Konstruktion und Entwicklung werden in den nachfolgenden Phasen der Produktion und damit in der Planung, Fertigung/Montage sowie der Beschaffung natürlich zu verursachten Kosten.

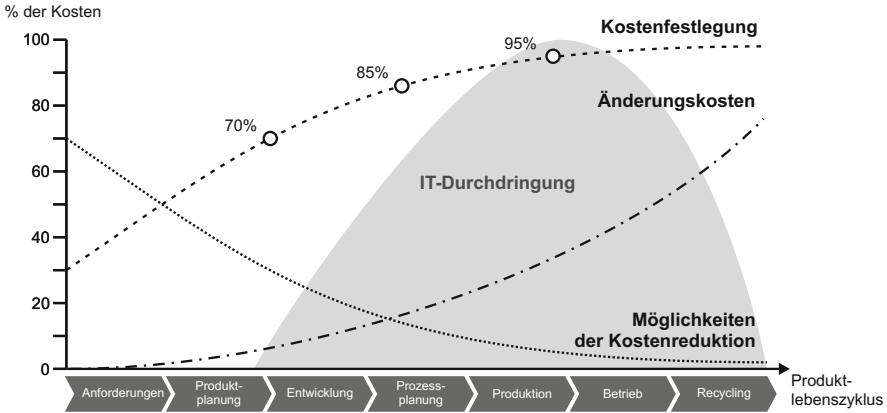


Abb. 2–8 Kostenfestlegung und Änderungskosten in der Entwicklung und Konstruktion

Firmen müssen sichergehen, dass sie gemäß Gesetzgebungen in den Lieferländern und internen korporativen Richtlinien Produkte entwickeln (☞ *Compliance/Governance*). Ohne eine dementsprechende Unterstützung durch PLM-Lösungen ist dies nicht möglich. Bei der zunehmenden produktrelevanten Gesetzgebung wird die Beherrschung dieser Informationen ein kritischer Erfolgsfaktor. Abbildung 2–9 zeigt für ausgewählte Märkte einen Ausschnitt der aktuellen umweltpolitischen Gesetzgebung, die die Produktentstehung maßgeblich beeinflussen.

- **EUROPE**
 - Strategy on Sustainable Development (SSD)
 - Corporate Social Responsibility (CSR)
 - Integrated Product Policy (IPP)
 - Integrating Environmental Aspects into Standardization
 - Eco-Design for Energy-Using Products (EuP)
 - Chemicals Regulation (REACH)
 - Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)
 - Restrictions on the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS)
- **CHINA**
 - Management Methods for the Prevention and Control of Pollution from Production of Electronic and Information Products

Abb. 2–9 Einfluss der Gesetzgebung auf die Produktentstehung

Zum Beispiel verursachte der Rückruf von Spielkonsolen im Weihnachtsgeschäft 2001 in den Niederlanden aufgrund eines zu hohen Cadmium-Anteils dem Hersteller einen Verlust von ca. 92 Mio. US-\$ (Quelle: Sony). Für den Konstrukteur bedeutet dies bei der zunehmenden Internationalisierung des

Vertriebsumfeldes, ständig die landes- bzw. regionalspezifischen gesetzlichen Randbedingungen zu beachten und über Veränderungen informiert zu sein.

Aus den genannten Veränderungen ergab sich ein Wandel in den Aufgabeninhalten und der durch den Ingenieur abzudeckenden Verantwortungsbereiche. In den letzten Jahren hat sich die Rolle des Ingenieurs in der Entwicklung und Konstruktion von der fachlich/kreativen Tätigkeit mehr zur Projektmanagement, Dokumentation und Kommunikation verschoben (Abb. 2–10). Die Ergebnisse decken sich mit anderen Studien, die davon ausgehen, dass der kreative Tätigkeitsanteil des Ingenieurs in den letzten 20 Jahren halbiert wurde. Damit wird verschiedenen äußeren Einflüssen auf die Produktentstehung, z. B. Anforderungen aus der Gesetzgebung und dem Qualitätsmanagement, aber vor allem der zunehmenden Bedeutung internationaler Zusammenarbeit dezentraler Entwicklungsstandorte innerhalb und außerhalb eines Unternehmens (Kunden/Zulieferer-Beziehung) Rechnung getragen. Der Ingenieur ist durch die zunehmende Parallelisierung der Tätigkeiten in neue komplexere Prozesse eingebunden, die vorher sequentiell abgelaufen sind, z. B. Qualitätsmanagement, Supply Chain Management und technische Dokumentation, und die durch ihre Vernetzung und Komplexität einen höheren Organisationsaufwand verlangen.

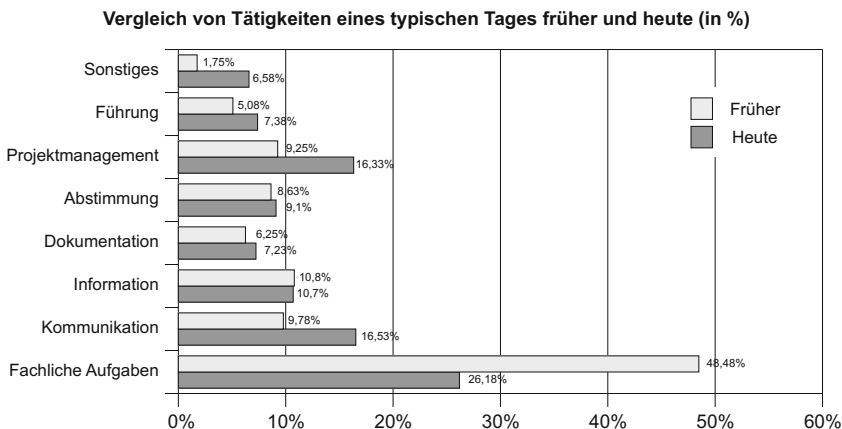


Abb. 2–10 Veränderung der Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten [VPE-06]

Manager des Produktentstehungsprozesses haben somit die Aufgabe in einer komplexen und vernetzten Umgebung, besser, schneller und i. d. R. mit weniger Kapazität immer wieder innovative Produkte zu definieren, um auf dem Markt erfolgreich bestehen zu können. Produktinnovation wird nach einer Befragung von AMR Research von 27% aller Unternehmen als höchste Priorität angegeben, um in einer stagnierenden Wirtschaft konkurrenzfähig zu bleiben.

2.3 Anforderungen an den Einsatz von IT-Lösungen in der Produktentstehung

Aus den im vorherigen Kapitel aufgezählten Randbedingungen abgeleitete Anforderungen an Informationstechnologie (IT)-Lösungen im Engineering gehen zunächst einmal davon aus, dass IT nur ein Hilfsmittel ist. Tatsächliche Verbesserungen des Produktentstehungsprozesses ergeben sich erst durch:

- frühzeitigere Erhöhung des Produktwissen und Absicherung von Entscheidungen in den frühen Phasen des PEP's,
- vollständige und frühzeitigere Integration von Simulationen und Berechnungen in den Entwicklungsprozess, z. B. Digital Mock-Up bereits in der Konzeptphase,
- Unterstützung der firmeninternen und firmenübergreifenden Kommunikation von Ingenieuren in verteilten Produktentstehungsprozessen und verschiedenen Disziplinen sowie durch
- gemeinsamen Zugriff auf alle für das Produkt während aller Phasen des Produktlebenszyklus relevanter Informationen (↪ Product Record).

Erst auf Basis dieser methodischen und organisatorischen Maßnahmen entfalten IT-Lösungen ihre volle Wirksamkeit.

Bei der Umsetzung der aus den geänderten Randbedingungen des Produktentstehungsprozesses resultierenden Anforderungen auf die technische IT und im Besonderen auf PLM-Lösungen ergeben sich somit die Schwerpunkte Cross Enterprise Engineering, Virtualität und Prozessintegration.

2.3.1 Cross Enterprise Engineering (CEE)

Die Parallelisierung, Verteilung und Vernetzung der Projekte, Produkte und Prozesse fängt bereits in sehr frühen Entwicklungsphasen an und umspannt sowohl die Zulieferer und die Kunden als auch die verschiedensten internen und externen PLM-Lösungen. CEE bedeutet, dass Teile, Baugruppen, Komponenten und Systeme über örtliche, unternehmerische und systemtechnische Grenzen hinweg geplant und entwickelt werden. Kommunikation und der Informationsaustausch werden zunehmend über das Intra- bzw. Internet abgewickelt. In Abbildung 2–11 ist die Veränderung bezüglich der zunehmenden Parallelisierung und Vernetzung der Produktentstehungsprozesse dargestellt.

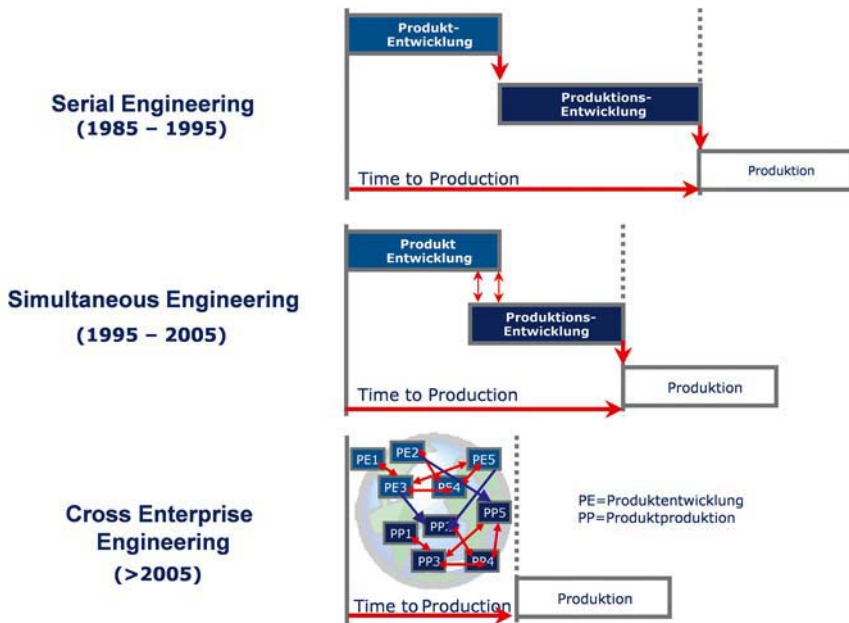


Abb. 2–11 Veränderungen der Produktentstehungsmethoden

James Champy beschreibt Cross Enterprise Engineering – er nennt es X-Engineering – folgendermaßen [CHA–02]:

“The walls between a company, its customers, and its suppliers – even between competitors – are coming down. In a world of free-flowing information and Products, X-ENGINEERING the cooperation reveals a radical new vision of the Cooperation.”

Das bedeutet, dass eine mehrdimensionale Zusammenarbeit und Kooperation innerhalb des Unternehmens und im Rahmen der Zuliefer- und Kundenbeziehung über die Unternehmensgrenzen hinweg über alle Disziplinen und alle Phasen des Produktentstehungsprozesses unterstützt werden (Abb. 2–12).

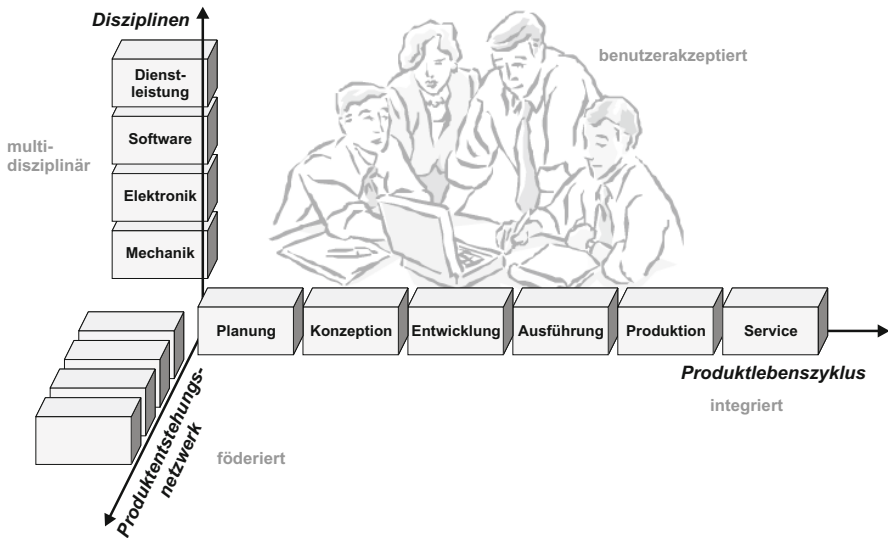


Abb. 2–12 Mehrdimensionale Zusammenarbeit im Rahmen des Cross Enterprise Engineering

Aufgrund dieses Sachverhaltes ergeben sich für die IT-Lösungen im Produktentstehungsprozess folgende konkrete Anforderungen:

Integration der IT-Lösungen über den gesamten Produktlebenszyklus, das bedeutet von der ersten Idee und Lösungskonzeption bis zum Recycling. Die Integration der IT-Lösungen über den Produktlebenszyklus muss über Daten- und/oder Funktionsschnittstellen gewährleistet werden, z. B. STEP AP 214⁴ oder JT⁵. In der Praxis bedeutet dies die Einbindung einer Vielzahl von über den Produktlebenszyklus betriebsspezifisch eingesetzten IT-Lösungen, z. B. PPS (Produktionsplanung und -steuerung) und CAD (Computer Aided Design).

Föderation der IT-Lösungen in einem dezentral und verteilt arbeitenden Unternehmen und im Rahmen der Zuliefererkette auch über die Unternehmensgrenze hinaus. Föderation der Daten und Prozesse wird aus der Verteilung über den gesamten Lebenszyklus, die Interdisziplinarität sowie den zunehmend vernetzten Entwicklungs- und Produktionspartnerschaften gefordert. Die Verteilung kann:

- innerhalb des Unternehmens z. B. auf mehrere Standorte und Lebenszyklusphasen,

⁴ STEP AP 214 = Standard for the Exchange of Product Data Application Protocol 214

⁵ JT = Jupiter Tessalation

- zwischen Unternehmen eines gemeinsamen Zuliefererverbunds und
- zwischen Unternehmen in einer Kunden/Zulieferer-Beziehung erfolgen (Abb. 2–13).

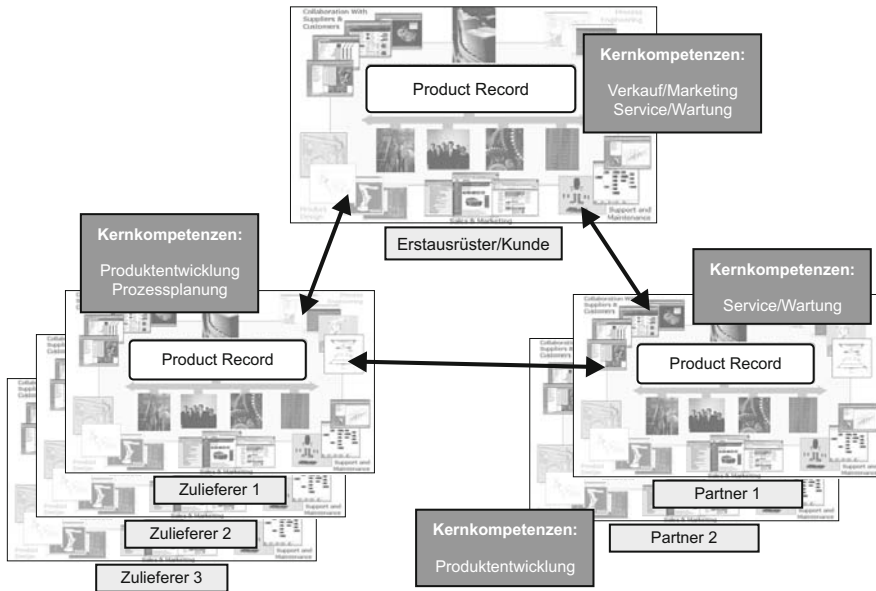


Abb. 2–13 Vernetzte Arbeitssituation im Engineering

Interdisziplinarität bedeutet die Kooperation verschiedener Disziplinen (↗ Domänen) der Produktentstehung. Neben dem bereits klassischen mechanischen Ansatz (Mechanik, Elektrik/Elektronik, Software) sollen auch die Hydraulik, Pneumatik und auch zum Produkt gehörige Dienstleistungspakete (Montage, Training, Instandhaltung und Instandsetzung, etc.) unterstützt werden. Die Kombination von materiellen und dienstleistungsorientierten Produktkomponenten wird auch hybride Leistungsbündel genannt [ABS–06]. Zu der genannten Problematik kommt erschwerend hinzu, dass zunehmend Entwicklungsanteile an spezialisierte Systemlieferanten übergehen. Damit muss eine effiziente Zusammenarbeit nicht nur über die technischen Disziplinen, sondern auch über die Unternehmensgrenzen gewährleistet sein.

2.3.2 Virtualität

Eine Nutzung der Technologie der Virtual Reality (VR) als Projektions- und Arbeitsumgebung kann die Beherrschung der Produkt- und Prozesskomplexität maßgeblich unterstützen. Sie ermöglicht insbesondere eine Visualisierung

und Interaktion mit virtuellen Prototypen und ist daher besonders geeignet für Gruppenpräsentationen und die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams, da die relevanten Informationen gruppenadäquat multimedial aufbereitet und dargestellt werden können. Die immersive Visualisierung unterstützt dabei die Entscheidungsfindung in komplexen Problemsituationen, beispielsweise bei Styling Review, Konstruktionsüberprüfung, Simulationsdatenauswertung, Montage und Demontageuntersuchungen, Werkzeugabnahme und Fabrikplanung (Abb. 2–14).

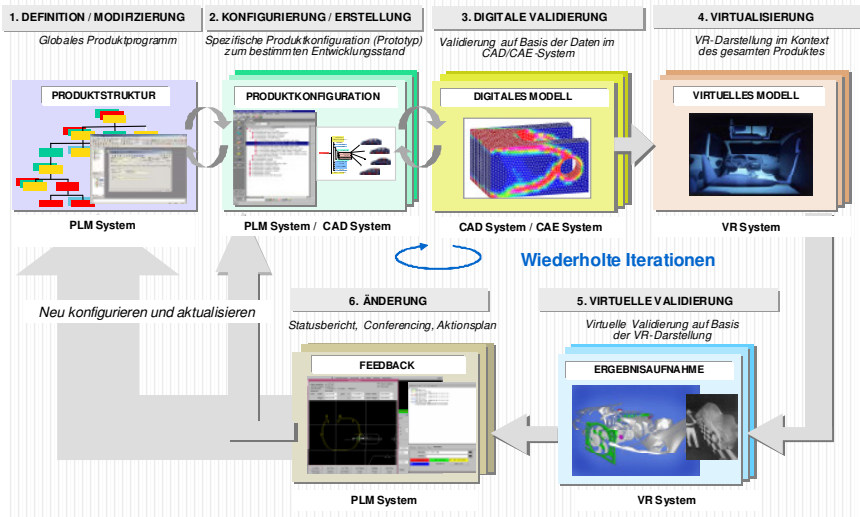


Abb. 2–14 Prozessablauf des Virtual Engineering [EIO–07]

Dieser Ansatz fasst die aktuellen Produktdaten in einer Struktur zusammen. Sie dient als die Basis für die Konfiguration von spezifischen Produkten, die Generierung virtueller Prototypen und somit für eine frühe Validierung beispielsweise für Funktionserfüllung, Fertigungs-, Montage-, Fabrikplanung und Service. Die relevanten Produktinformationen werden derzeit zum einen phasenspezifisch (beispielsweise in der Fahrzeugentstehung bezogen auf Konzept-, Struktur- und Produktionsfahrzeuge) und zum anderen modell- bzw. variantenspezifisch jeweils innerhalb der Lebenszyklusphasen generiert und gespeichert. Während die Produktdefinition in diesen Strukturen top-down vorgenommen wird, vollzieht sich die Produktvalidierung bottom-up.

Es existieren insofern mehrere modell- und phasenspezifische Produktstrukturen nebeneinander. Diese können derzeit nicht auf eine integrierte, lebenszyklusorientierte Produktstruktur zurückgeführt werden. Die Entwicklung einer solchen Produktstruktur stellt eine der wesentlichen Herausforderungen vor dem Hintergrund des Virtual Engineering dar. Mit einer lebenszyklus-

orientierten Produktstruktur, die die einzelnen Phasen des Produktentstehungsprozesses abbildet, entsteht eine Grundlage für die Optimierung und Abstimmung von Prozessen und Technologien mit Hilfe einer integrierten informationstechnischen Infrastruktur, die als sog. Virtual Engineering Backbone existierende und zukünftige IT-Systeme zusammenführt.

2.3.3 Prozessintegration

Jede Tätigkeit, die Ressourcen verwendet um Eingaben in Ergebnisse umzuwandeln, kann als Prozess angesehen werden. Damit sich Organisationen bei der Einführung von PLM wirksam betätigen können, müssen sie zahlreiche miteinander verknüpfte und in Wechselwirkung zueinander stehende Prozesse erkennen und handhaben. Das systematische Erkennen sowie Handhaben dieser verschiedenen Prozesse innerhalb einer Organisation, vor allem aber der Wechselwirkungen zwischen solchen Prozessen, wird als prozessintegrierender Ansatz bezeichnet [EIO-07].

Die Notwendigkeit methodischer und informationstechnologischer Unterstützung steht in engem Zusammenhang mit der erhöhten Produkt- und Prozesskomplexität infolge der globalen Trends. Auf Prozessseite sind vernetzte Arbeitsabläufe in unternehmensübergreifenden, multikulturellen Kollaborationen zu realisieren, in denen die Entwicklung sich gegenseitig beeinflussender Komponenten räumlich verteilt und zeitlich parallel erfolgt. Auf Produktseite resultiert die geforderte Flexibilität und Vielseitigkeit in einer Vielfalt von Modellen und Optionen. Eine lebenszyklusorientierte Betrachtung von Produkten und zugehörigen Dienstleistungen steht zunehmend im Vordergrund. Die Beherrschung der Produkt- und Prozesskomplexität ist zu einer der wesentlichen Herausforderungen für Industrieunternehmen geworden.

Eine Verknüpfung der Methoden, Organisation/Prozesse und IT-Lösungen kann vor diesem Hintergrund zweckmäßig durch eine Abbildung und Integration der Prozesse unterstützt werden. Hierunter sind eine auf die Unternehmensziele abgestimmte Definition der relevanten Prozesse und deren Implementierung sowie eine Bereitstellung von an diese Prozesse angepasster informationstechnischer Unterstützung zu verstehen.

Die Umsetzung der Prozessintegration im Unternehmen erfordert die Schaffung von systemübergreifenden methodischen Ebenen in den Unternehmen, die mit organisatorischen und kulturellen Veränderungen verbunden ist. Primäre Aufgabe dieser Ebenen ist eine Übersetzung von strategischen Unternehmenszielen in Prozessanforderungen, denen entsprechend Arbeitsmethoden in Form von für die Umsetzung geeigneten Prozessmodellen (Sollprozesse) definiert werden können. Ausgehend von diesen Sollprozessen und gegebenen Nutzeranforderungen können Konzepte für eine IT-Unterstützung entworfen werden. Der wahre Mehrwert ergibt sich dabei durch eine Prozessinnovation, die auf der IT-Plattform beruht [MCA-08].

Auf Basis eines solchen Prozessmodells wird es möglich, notwendige Änderungen auf der operativen Ebene nachvollziehbar darzustellen. Damit gelingt es, das volle Potenzial des Gesamtlösungsansatzes zukünftig in realen Produktentstehungsprojekten effizient nutzbar zu machen (Abb. 2–15).

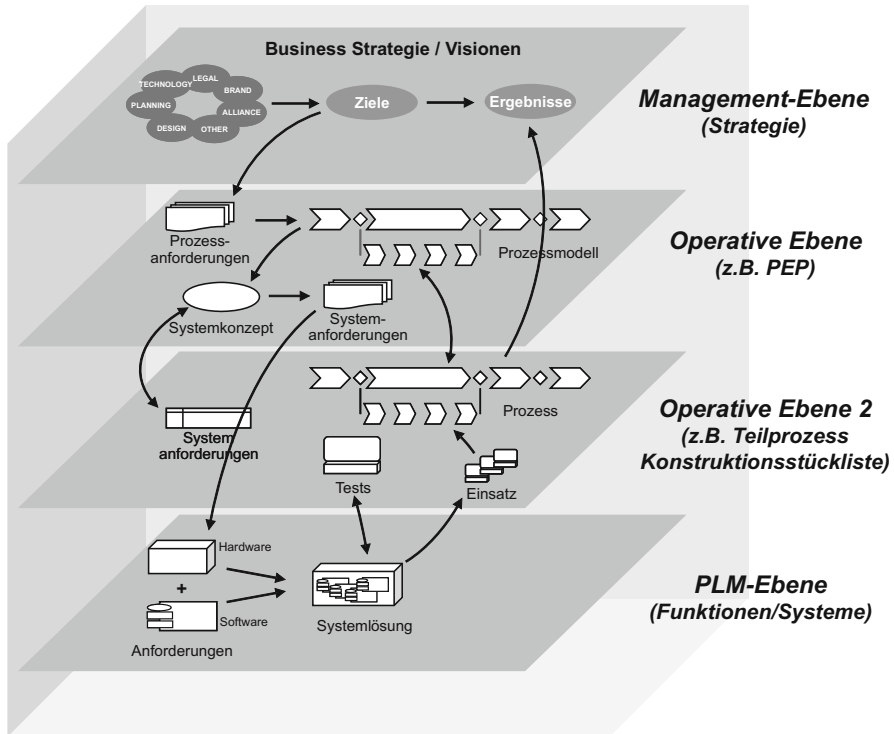


Abb. 2–15 Abbildung von Management Strategien auf operative Prozesse [EIO–07]

Aufgabe der Prozessintegrationsebene ist darüber hinausgehend die Verfolgung der operativen Ergebnisse zum Zwecke des Abgleichs mit den vorgegebenen Unternehmenszielen.

Literatur

- ABS-06 Abramovici, M.; Schulte, S.: Lifecycle Management für hybride Leistungsbündel. wt Werkstattstechnik online (2006) 7
- CHA-02 Champy, J.: X-Engineering the Corporation. New York: Warner Books 2002
- EIG-03 Eigner, M.: Bestandteile einer erfolgreichen PLM-Strategie. ComputerWoche (2003) 15
- EIO-07 Eigner, M.; Ovtcharova, J.: Produktentstehung im 21. Jahrhundert:

- Anforderungen an die IT für die Konstruktion der Zukunft. Digital Engineering Magazin (2007) 3
- KRA-99 Krause, F.-L. et al.: Die Gesetzgebung zwingt die Unternehmen zu handeln. EDM-Report 5 (1999) 2
- KUE-01 Kühner, St.: Neue Herausforderungen für Data Management Systeme. CAD/CAM-Report 20 (2001) 4
- MCA-08 McAfee, A. et al.: Wie IT zum strategischen Vorteil wird. Harvard Business Manager (2008) 10
- MMC-01 Automobiltechnologie 2010, Mercer Management Consulting, 2001
- SPK-97 Spur, G.; Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt – Management der CAD-Technik. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1997
- TRE-04 Trees, S.: Maßgeschneidert verkabelt. FAZ Hochschulanzeiger. (2004) 73
- VPE-06 Eigner, M.; Schleidt, T.: Cross Enterprise Engineering in Automotive. Interne Studie am Lehrstuhl für Virtuelle Produktentwicklung, TU Kaiserslautern 2006
- WAR-99 Warnecke, H.J.; Braun, J.: Vom Fraktal zum Produktionsnetzwerk. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 1999

3 Produktdaten-Management und Product Lifecycle Management

Produktdaten-Management und das darauf aufbauende Product Lifecycle Management sind die zentralen IT-Lösungen für den Produktentwicklungs- und den Produktentstehungsprozess. Die ersten PDM-Systeme kamen in der Mitte der 80er Jahre auf dem Markt. Sie entstanden häufig im Umfeld von Dokumentenmanagement, CAD- und ERP-Systemen aus der Problematik, die zunehmenden CAD-Dokumente parallel mit gescannten Papierdokumenten in einer dem herkömmlichen Zeichnungsarchiv entsprechenden Form zu verwalten. Durch die stärkere Verbreitung der 3D-Arbeitstechnik ergab sich zusätzlich eine stärkere und zwangsläufige Anbindung an die Produktstruktur und damit auch an das Freigabe- und Änderungswesen, die Versionsverwaltung und das Konfigurationsmanagement. Die typische Einsatzbreite von PDM war gekennzeichnet durch die Beschränkung auf abteilungsspezifische Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten. PLM-Lösungen haben im Kern identische Funktionen wie PDM-Systeme. Durch die Anwendung über den gesamten Produktlebenszyklus ergaben sich zwangsläufig über die verschiedenen Ausprägungen der Produktstruktur entlang den Produktlebenszyklusphasen auch zusätzliche Anwendungen, z. B. Anforderungs-, Funktions-, Wartungs-, Service- und Ersatzteilmanagement sowie Erweiterungen des Konfigurationsmanagements. Außerdem ist die Internet-basierende Einbindung von Kunden und Zulieferern in Form einer Engineering Collaboration Plattform Teil einer PLM-Lösung.

3.1 Produkt-, Prozess- und Konfigurationsmodelle

Produktmodelle haben die Zielsetzung, Produkte mit ihren für den gesamten Lebenszyklus relevanten Informationen digital abzubilden [PAU–95]. Man spricht in der Literatur auch vom sog. virtuellen Produkt [SPK–97]. Im Rahmen des Produktmodellbegriffs von ISO 10303 STEP¹ werden Partialmodelle für unterschiedliche technische Anwendungsgebiete (Architektur, Elektrik/Elektronik, Maschinen-/Anlagenbau usw.) und für die gesamten Phasen

¹ STEP = Standard for the Exchange of Product Data

des *Produktlebenszyklus* definiert. Der Produktlebenszyklus beschreibt den Kreislauf der aufeinander folgenden Produktlebensphasen [AND–98]:

- Produkt-/Programmplanung,
- Entwicklung/Konstruktion,
- Arbeitsvorbereitung,
- Produktherstellung (Fertigung, Montage, Beschaffung),
- Produktvertrieb,
- Produktnutzung und -wartung und
- Produktrecycling.

Ein Produktmodell besteht aus den Komponenten: Produktstammsatz und Produktstruktur sowie Dokumente und Dokumentenstrukturen. Konstruktive *Produktstrukturen*, häufig auch als Stücklisten bezeichnet, beschreiben die Zuordnung von Produktkomponenten (Material, Halbzeug, Einzelteil, Baugruppe, Erzeugnis) zueinander. Die Zuordnung wird durch eine Beziehung der Art „gehört zu“ (↪ Komponentenverwendung) oder „besteht aus“ (↪ Komponentenauflösung) gebildet. Die Beziehung kann Informationen enthalten, z. B. Menge und Einbauort. Produktstrukturen werden aus verschiedenen Gründen differenziert aufgebaut, man spricht auch von sog. Sichten. Andere Sichten sind die funktionale Sicht des Konstrukteurs, die fertigungs- und montageorientierte Sicht des Arbeitsplaners, die vertriebsorientierte Sicht des Verkaufs, die Ersatzteilsicht und viele weitere Aggregationen der Komponenten aufgrund einer spezifischen Anwendung oder Auswertung [EHS–91].

Die in Abb. 3–1 aufgeführten Darstellungen von Produktstrukturen basierten ursprünglich auf einer tabellarischen Form, die die Strukturstufen durch Einrücken kenntlich machte (↪ Typische Stücklistendarstellung von ERP-Systemen). Heute werden diese Strukturen grafisch dargestellt und auch interaktiv bearbeitet.

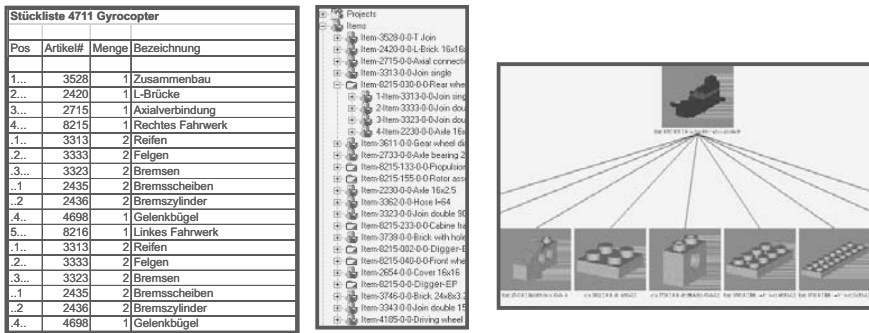


Abb. 3-1 Typische Produktstrukturdarstellung (textuell, MS-Explorer kompatibel, voll grafisch)

Das *Dokument* ist nach der Definition aus DIN 6789 „... eine als Einheit gehandhabte Zusammenfassung oder Zusammenstellung von Informationen, die nicht flüchtig auf einen Informationsträger gespeichert sind“. Ein *technisches Dokument* ist nach DIN 6789 ein Dokument in der für technische Zwecke erforderlichen Art und Vollständigkeit.

Parallel zu den technischen Dokumenten existieren „*kommerzielle Dokumente*“. Hierunter fallen beispielsweise Angebote, Rechnungen und Lieferscheine.

Dokumente basieren auf

- Industriestandards, z. B. TIFF, PDF oder JT,
- proprietären CAD-Formaten, sog. native Formate aus z.B. CATIA, ProE und UG/NX,
- spezifischen Textformaten (WORD) und
- international genormten Standardformaten (XML, STEP, SGML,...).

Um ein Dokument vollständig zu definieren und zu interpretieren, benötigt man neben dem Format auch den Inhalt und das Layout. Darüber hinaus enthalten viele Dokumente eine Dokumentstruktur.

Prozesse in dem hier vorliegenden Umfeld sind die Abbildungen von technischen/organisatorischen Geschäftsabläufen. Man unterscheidet langfristig stabile Prozesse, z. B. das Prüf-, Freigabe-, Änderungs- und Verteilwesen, die i. d. R. im Qualitätshandbuch beschrieben werden. Diese Prozesse haben juristische Auswirkungen z. B. auf die Produkthaftung, die elektronische Unterschrift und die Originalität des Dokuments. Prozesse werden i. d. R. graphisch durch sog. Zustands- (↻ Status-) und Übergangs- (↗ Transitions-)Diagramme dargestellt (Abb. 3-2).

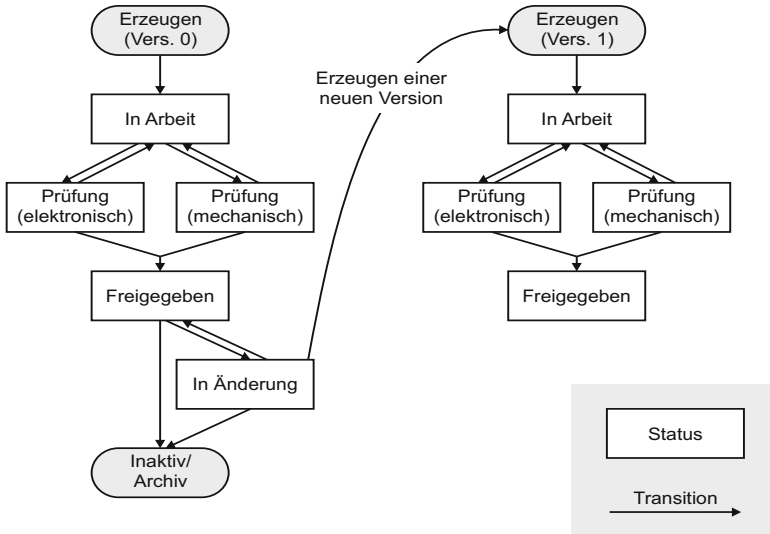


Abb. 3-2 Der Prozess der Freigabe und Änderung

Zuständen und Übergängen können Zugriffsrechte und Methoden zugewiesen werden. Kurzfristige oder temporäre Prozesse, z. B. das Delegieren von Tätigkeiten, Benachrichtigungen, Umlaufentscheidungen und Verteilmechanismen, können vom Endbenutzer oder einer Projektgruppe eigenständig definiert und geändert werden. Hierfür wird i. d. R. der Begriff Workflow verwendet. Als Workflow wird ein abgegrenzter, meist arbeitsteiliger Vorgang bezeichnet, der zur Erstellung oder Verwertung betrieblicher Leistungen führt. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der dynamische Ablauf des Vorganges von seiner Initiierung bis zum Abschluss.

Kombiniert man die Funktionen des Produkt- und Prozessmodells erhält man automatisch ein methodisches Gerüst (☞ *Konfigurationsmodell*), das alle Informationen nach Inhalt, Status oder Version organisiert. Durch Anwendung dieser Regeln, Beziehungen und Kontrollmechanismen werden die Einflüsse von Änderungen am zu verwaltenden Produkt automatisch verfolgt. Innerhalb des Modells ist somit beschrieben:

- wo welches Teil verwendet wird,
- wer es entwickelt, hergestellt und geliefert hat,
- wer eine Änderung initiiert oder zu verantworten hat,
- wann diese Änderung durchgeführt wurde, wann sie in die Produktion eingelaufen ist und
- warum diese Änderung durchgeführt wurde.

Ein Konfigurationsmodell erlaubt die jederzeitige Ableitung eines beliebigen Konstruktions- bzw. Fertigungsstandes [EHA-98].

3.2 PDM – Definition und Funktionsüberblick

Wenn neue Anwendungen auf dem Markt erscheinen, sind diese zunächst durch eine hohe Begriffsvielfalt gekennzeichnet. Mitte der 90er Jahre hat sich aber die Abkürzung PDM (Product Data Management) durchgesetzt. PDM wurde verstanden als das Management von produktdefinierenden Daten (↪ Produktmodell) in Verbindung mit der Abbildung und dem Management von technischen/organisatorischen Geschäftsprozessen (↪ Prozessmodell) sowohl im Bereich „Discrete Manufacturing“ (produzierender Industriebereich: Automobilbau, Maschinen- und Anlagenbau, Aerospace, Konsumgüter,...) als auch im sog. „Non Discrete Manufacturing“ Bereich (Chemie, Energieversorger, Utility and Facility Management von Kommunen und Banken,...). Produkt- und Prozessmanagement zusammen erlauben die lückenlose Rekonfiguration beliebiger Konstruktions- und Fertigungsstände über den gesamten Produktlebenszyklus (↪ Konfigurationsmodell).

Der Begriff *EDM* als „*Engineering Document Management*“ wurde verwendet für Applikationen, die schwerpunktmäßig digitalisierte Papierdokumente und/oder nicht produktbezogene Dokumente verwalten. Allen diesen Anwendungen gemeinsam ist, dass keine Zuordnung zu Produktstrukturen erfolgt. *EDM* als „*Engineering Data Management*“ wurde auch früher parallel und gleichbedeutend zu PDM verwendet.

Unter *Produkt- und Dokumenten-Management* wird schwerpunktmäßig die Zuordnung von beliebigen IT- oder manuell erzeugten Dokumenten, z. B. 2D-Zeichnungen, 3D-Modelle, textuelle Dokumente, Berechnungsergebnisse zu Produktstamm- und -strukturdaten bzw. Projektdaten verstanden.

Abbildung 3–3 dokumentiert die grundsätzliche Beziehung der Grundobjekte eines PDM-Systems. Demnach existieren beliebige Beziehungen zwischen Dokumenten-, Produkt- und Projektdaten. Kennzeichen heutiger auf relationalen Datenbanken basierender PDM-Systeme ist die von der Datenbank getrennte Handhabung physikalischer Dateien, die aus beliebigen Erzeugersystemen stammen und dementsprechend vielfältige Formate einnehmen können. Der physikalische Dokumentenspeicher wird als „*elektronischer Aktenschrank*“ oder „*electronic vault*“ bezeichnet [EIG–96].

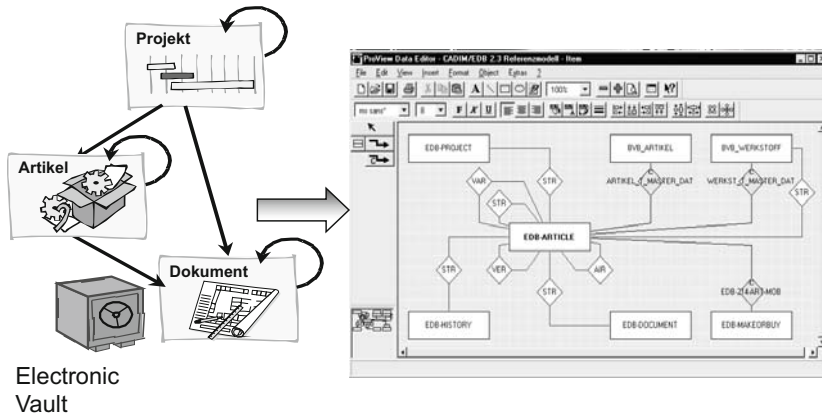


Abb. 3-3 Darstellung des Produktmodells und Beschreibung in einem CASE²-Tool

Prozessmanagement (↪ *Management des Prozessmodells*) bezeichnet die Anwendung der unter Kap. 3.1 beschriebenen Geschäftsprozesse auf das Produktmodell. Damit wird das Produktmodell dynamisiert, das bedeutet, dass zeitliche Veränderungen des Produktmodells abgebildet, verwaltet und dokumentiert werden. Es beschreibt die Wechselwirkung zwischen Aufgaben bzw. Abläufen und Informationen. Prozessmanagementsysteme erfüllen drei Funktionen [HWP-93]:

- Verwalten der Informationsbearbeitung (*Arbeitsmanagement*),
- Steuerung des Informationsflusses zwischen den am Prozess beteiligten Mitarbeitern (*Workflow Management*) und
- Verfolgung aller Ereignisse und Änderungen während der vorgeannten Punkte im Zuge der Prozessabwicklung (*Arbeitsprotokollverwaltung*).

Arbeitsmanagement erlaubt die fortlaufende Erfassung aller Änderungen und Ergänzungen durch sog. Versionen. Diese können nach Bedarf abgerufen werden, wodurch sich ein beliebiger früherer Zustand des Produktmodells abrufen und damit wiederherstellen lässt. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für das sog. *Konfigurationsmanagement*.

Bei PDM-Systemen ist die Komponente des Workflow-Managements häufig am stärksten ausgeprägt. Bestandteil von Workflow-Systemen sind Werkzeuge zur interaktiven grafischen Beschreibung der parallelen und/oder sequentiellen Abläufe. Weitere Hilfsmittel der Workflow-Gestaltung sind elektronische Umlaufmappen (↪ Folder) inklusive leistungsfähiger Methoden

² CASE = Computer Aided Software Engineering

zur Belegung, Verteilung und zum Mailing sowie sog. „Trigger“ oder „user exits“, mit deren Hilfe Methoden zugewiesen werden (Abb. 3–4).

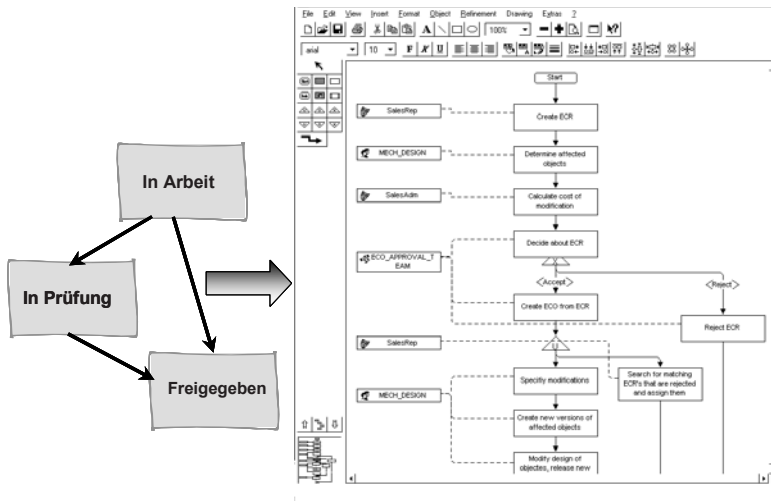


Abb. 3–4 Abbildung von Workflows mit einem CASE Tool

Bisher waren die vorgestellten Hilfsmittel und Werkzeuge nur in der Lage, die zeitlichen Änderungen am Produktmodell zu verfolgen und zu rekonstruieren. Mit der Arbeitsprotokollverwaltung ist es auch möglich, alle im Prozess durchlaufenden Zustände, Bearbeiter und angewandten Methoden zu protokollieren. Damit erschließt sich eine weitere Informationsquelle für Revisionen. Die Durchführung von Produktmodell- und Prozesskontrollen zum Zweck der lückenlosen Nachverfolgung ist eine wesentliche Voraussetzung für die Erfüllung internationaler Qualitätsnormen im Sinne des Konfigurationsmanagements.

Konfigurationsmanagement oder englisch *Configuration Management (CM)* ist die logische Konsequenz eines durchgängig eingeführten Produkt- und Prozessmanagements. Es ist die systemtechnische Methode zur Verwaltung des Konfigurationsmodells. CM-Techniken wurden ursprünglich in der Luft- und Raumfahrt sowie im militärischen Bereich entwickelt. Inzwischen nutzen aber immer mehr Unternehmen außerhalb dieses Marktsegmentes CM, um den kompletten Lebenszyklus ihrer Produkte zu überwachen. Die Richtlinien für CM sind in der ISO 10007 definiert. Gemäß dieser Norm versteht sich CM als Managementdisziplin, die über die gesamte Lebensdauer eines Produktes angewandt wird, um die Transparenz und Überwachung seiner funktionellen und physikalischen Merkmale sicherzustellen [EHA–98, DDL–99].

Letztendlich zielen alle Aktivitäten im Zusammenhang des Konfigurationsmanagements darauf ab, zu jedem Zeitpunkt des Lebenslaufes eines Produktes über seinen aktuellen Bauzustand (= Konfiguration) Auskunft zu ge-

ben. Zusätzlich liegen Informationen darüber vor, welche Maßnahmen den gerade aktuellen Bauzustand verursacht haben. Diese Nachweisführung ist im Zuge der verstärkt angewandten Produkthaftung von großer Bedeutung.

Die Identifizierung eines Bauzustandes erfolgt über die sog. *Gültigkeit* oder englisch *Effectivity*. Diese besteht je nach Anwendungsfall aus:

- dem Datum oder dem Änderungsindex (vorwiegend Konsumgüter bzw. Produkte in großen Stückzahlen) oder zusätzlich aus
- der sog. Seriennummer, einer fortlaufenden Nummer für jedes hergestellte Erzeugnis, Baugruppe oder Einzelteil (vorwiegend für Investitionsgüter in Kleinserie im sicherheitsrelevanten Bereich, wie Aerospace, Transportation, Defense).

Die Zusammenhänge zwischen der Produkt- und Dokumentenstruktur über der Gültigkeitsachse sind Abb. 3–5 zu entnehmen. In der Regel decken PDM-Systeme nur einen Teil des Konfigurationsmanagements ab. Eine Unterstützung der Seriennummer ist zum Beispiel eher die Ausnahme.

Die Konfigurationen der Vergangenheit entsprechen allen jemals konstruierten und/oder gefertigten Bauzuständen. Die Konfiguration der Gegenwart ist die gerade aktuell gefertigte Erzeugnisversion. Zukünftige Konfigurationen sind Produkt- und Dokumentenstrukturen, die sich gerade in Änderung befinden, aber noch nicht zur Produktion freigegeben sind.

Nach diesen Herleitungen und Definitionen ist PDM auch einfacher zu beschreiben:

PDM ist das Management des Produkt- und Prozessmodells mit der Zielsetzung, eindeutige und reproduzierbare Produktkonfigurationen zu erzeugen.

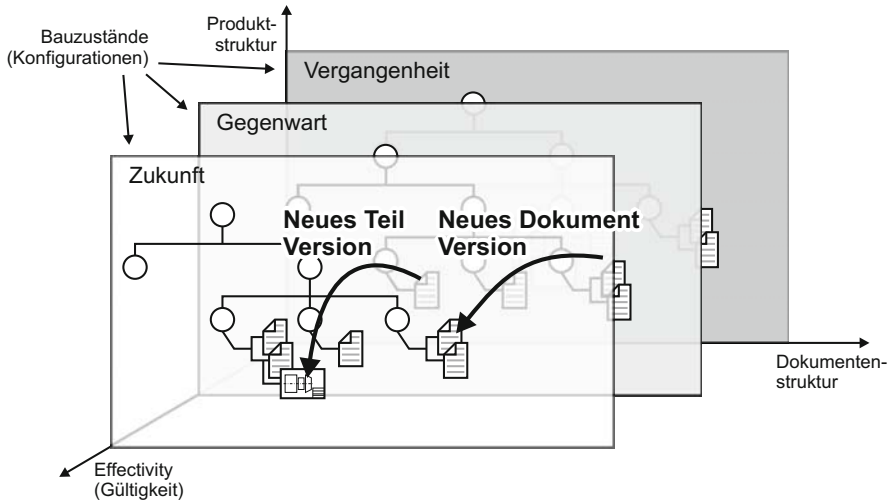
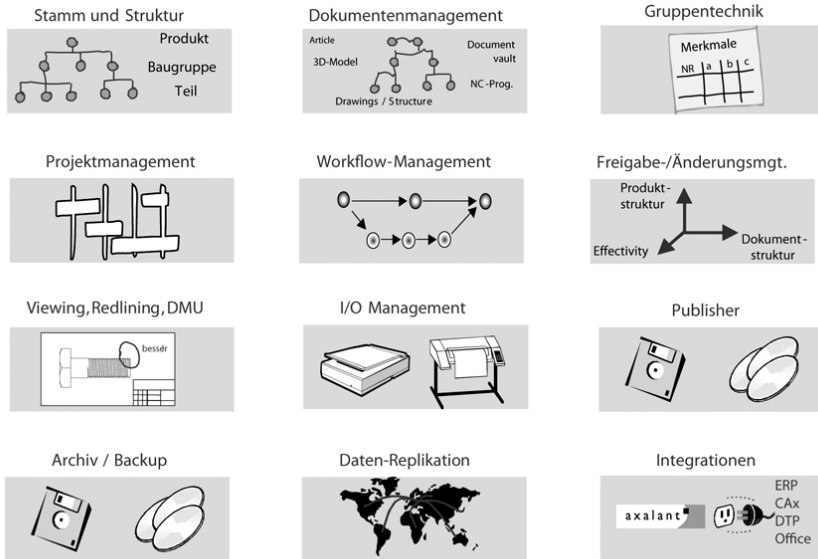


Abb. 3-5 Konfigurationsmanagement als Summe aller Produktmodelle (☞ Konfigurationen)

An dieser Stelle soll noch nicht auf die detaillierten Funktionen eines PDM-Systems eingegangen werden. Ein grober Überblick über die anwendungsorientierten Funktionen ist in Abb. 3-6 dargestellt [EHS-91].

Die technische Stamm- und Stücklistenverwaltung, das Dokumentenmanagement und die Funktionen der Klassifizierung durch Gruppentechnik sind i. d. R. als Standardfunktionen in allen marktüblichen PDM-Systemen enthalten. Ein vollständiges Konfigurations- und Projektmanagement, Publishing, Archivierungs- und Backup-Funktionen sind eher die Ausnahme.

Neben der Vollständigkeit der Anwendungsfunktionen unterscheiden sich PDM-Systeme vor allem in der Bedienoberfläche, dem sog. *graphical user interface* (☞ GUI). Heute üblich sind GUIs auf der Basis des Microsoft „Look and Feel“ und auf der Basis von HTML oder JAVA als WEB basierende Bedienoberfläche. Die Browser Technologie wird dabei zur grafischen Darstellung der im PDM-System verwalteten Objektstrukturen verwendet. Thumbnails – verkleinerte grafische Abbilder der Originaldokumente – unterstützen den Ingenieur bei der Suche von Objekten.



DMU = Digital Mockup / CE = Concurrent Engineering / CSCW = Computer supported cooperative work

Abb. 3–6 Grundfunktionen eines PDM-Systems

3.3 Erweiterung des PDM-Ansatzes durch Product Lifecycle Management

Historisch gesehen waren PDM-Projekte in den 80er Jahren durch die Verwaltung von technischen Dokumenten in Verbindung mit CAD geprägt. In den 90er Jahren wurden, basierend auf den Anforderungen der ISO 9001 und der Produkthaftungsanforderungen, die Dokumente mit den Stamm- und Strukturdaten verknüpft, einfache Änderungsabläufe wurden abgebildet. Schnittstellen zu ERP-Systemen wurden häufig realisiert.

Markt- und Technologieexperten prognostizierten Ende der 90er Jahre, dass bei erfolgreichen PDM-Projekten viele Informationen, gefiltert aus verschiedenen inner- und außerbetrieblichen Datenquellen, dem Ingenieur an seinem Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt werden. Der Ingenieur steht im Mittelpunkt eines Informationssystems, das die angezeigten Informationen nicht mehr vollständig physikalisch speichern muss, sondern die Informationen aus betriebsspezifischen Fremdsystemen oder aus dem Inter- bzw. Intranet als Objekte referenziert. Durch Methoden eines durchgängigen Konfigurationsmana-

gements wird PDM zum Backbone eines vollständigen Lifecycle Managements.

Für diese Art der Informationsverarbeitung und -beschaffung, die weit über den heutigen Anwendungsumfang von PDM-Systemen hinausgeht, wurden in der Literatur und von Anbietern verschiedene Begriffe verwendet:

- cPDM (Collaborative Product Data Management von CIMdata),
- VPDM (virtual Product Definition Management von Gartner Group),
- e-PLM (electronic Product Lifecycle Management von AMR),
- PLM (Product Lifecycle Management) und
- PDC (Product Definition and Commerce).

Der Begriff PLM hat sich allgemein durchgesetzt. Grundsätzlich identisch ist allen Definitionen der breitere Einsatz und der höhere Integrationsgrad über alle Phasen des Produktlebenszyklus und über die Prozesskette des Supply Chain (Abb. 3–7) [TER–04, LSG–05]. Nach [VAJ–03] beginnt der Produktlebenszyklus mit einer Idee, einem Kundenauftrag oder einem Marktbedürfnis, die zu einem Lastenheft mit anschließender Entwicklung führen. Der Zyklus endet nach der Produktherstellung, -nutzung und eventueller Wartung mit dem Recycling. Dieser generelle Ansatz gilt in der Basis nicht nur für physische Produkte, sondern auch für Dienstleistungen. Ein in der Industrie genutzter PLM-Prozess ist in [AMS–06] beschrieben. PLM hat sich parallel zu den Veränderungen des Produktentstehungsprozesses entwickelt und deckt somit die wesentlichen Anforderungen aus Cross Enterprise Engineering, Managementunterstützung, Verwaltung aller virtuellen Produktdaten (☞ Intellectual Property) und Einbindung in die Prozesslandschaft ab (vgl. Kap. 2). In [ABR–05, FLD–08, SCH–06] sind weitere Sichten auf das Thema PLM dargestellt.

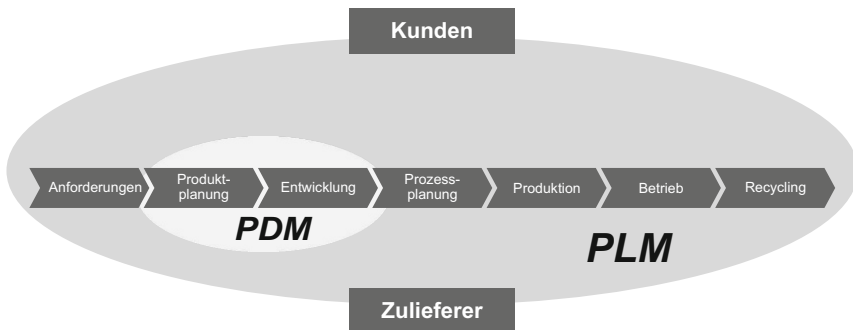


Abb. 3–7 Erweiterte Integrationstiefe durch PLM

Entsprechend der Abdeckung aller Phasen bezieht sich die Verwaltung der Produktstruktur nicht nur auf die eigentliche Konstruktionsphase (☞ •Konstruktionsstückliste oder „as designed“ BOM), sondern fängt bei der

Anforderungsstruktur an und endet bei der jeweiligen Konfiguration, die durch MRO zeitaktuell entstanden ist. Daraus leiten sich natürlich auch neue Funktionen für eine PLM-Lösung ab, z. B. Anforderungs-, Funktions- und Ersatzteil-, Service- sowie MRO-Management.

Traditionelle, mehr CAD-orientierte PDM-Ansätze versagten in einer konkurrierenden e-Business Umgebung, wenn Unternehmen erfolgreich neue Produkte schneller, billiger und mit exzellenter Unterstützung der dezentralen unternehmensinternen und -externen Kommunikation während sämtlicher Phasen der Produktdefinition entwickeln wollen. Systeme ohne Projektmanagementfunktionen und funktionaler Unterstützung der Zusammenarbeit von Ingenieuren verschiedener Unternehmensteile und/oder Unternehmen im Zulieferer/Kunden-Verhältnis können diesen Support nicht leisten. Verteilte Entwicklung, Produktion und Wartung werden zum Standard moderner Zulieferer ebenso die Integration und der Informationsaustausch mit den Kunden. Der Support des Supply Chain Prozesses und des gesamten Produktlebenszyklus ist integraler Bestandteil von PLM-Systemen.

AMR's Definition von PLM erweitert den traditionellen PDM-Begriff in Richtung einer flexiblen, verteilten und föderierten Anwendungsumgebung, die eine Bereitstellung der aktuellen technischen Produktinformationen über die gesamten Phasen des Produktlebenszyklus ermöglicht. Eine Befragung von Kunden durch AMR ergab folgende Rangreihenfolge für die Nutzung von PLM-Systemen [AMR-99]:

- Unternehmensweiter Zugriff auf Produktdaten (85%),
- Product Lifecycle Management (45%),
- Konfigurationsmanagement (35%) und
- Finanzielle Einsparungen (20%).

Aus dieser Betrachtung hat AMR fünf Kernkomponenten für PLM abgeleitet. Die beiden ersten sind inzwischen sehr ausgereift, da sie die beiden Funktionen sind, mit denen die PLM-Philosophie begann: Produktdaten Management (PDM) und Engineering Collaboration, d. h. die Lösungen, die es den verschiedenen unternehmensinternen und -externen Entwicklungspartnern ermöglicht, auch über größere Entfernungen via Internet zusammenzuarbeiten. Die verbleibenden drei sind der Supply Chain Prozess, das Product Portfolio Management und das Customer Needs Management (CNM) [LSG-05]. CNM ist eine aufstrebende Disziplin innerhalb des PLM. Dadurch wird sicher gestellt, dass der Bedarf des Kunden bzw. die Produkthanforderungen an alle weitergegeben werden, die im Verlauf des Lebenszyklus für die Produktentwicklung verantwortlich sind. Customer Needs Management verhindert Designfehler und Verzögerungen, die sich aus Missverständnissen und Kommunikationsstörungen ergeben, bei gleichzeitiger Verbesserung von Produktivität, Effizienz und Qualität. Diese fünf Kernfunktionen sind noch nicht vollständig. Die Funktionen Governance and Compliance sowie Manufacturing

Process Management werden von einigen Anbietern als PLM-Bausteine angeboten. Außerdem muss davon ausgegangen werden, dass PLM-Lösungen den engen, administrativen Rahmen von PDM-Systemen verlassen und vermehrt Managementunterstützung anbieten werden [BEL–08]. Diese Erweiterungen – auf der PDM-Grundfunktionalität aufbauend – sind Abb. 3–8 zu entnehmen. Die Service-Funktionen wie Vault, Archiving, I/O-Management, Viewing/Redlining, Workflow und Replikationen sind mit PDM-Systemen weitgehend identisch.

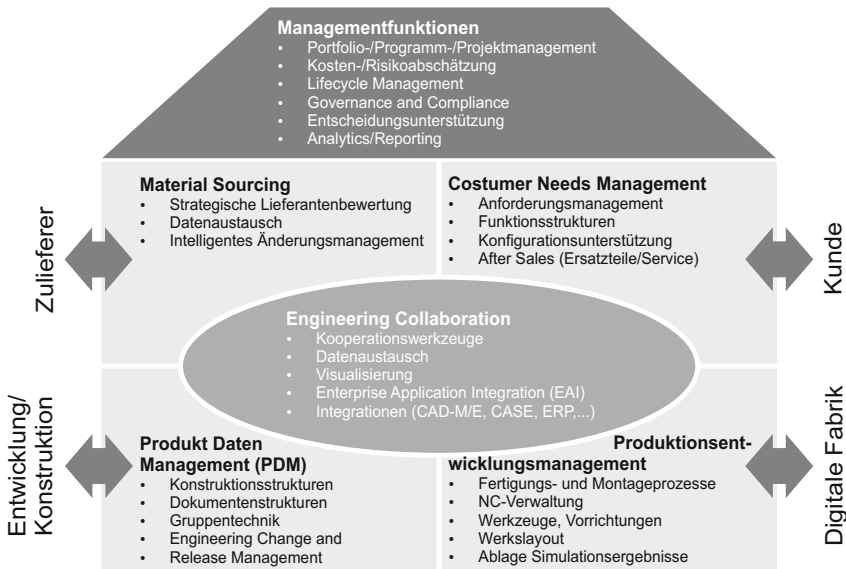


Abb. 3–8 Komponenten einer PLM-Lösung

Allen Autoren [TER–04, LSG–05, DAY–02, FAD–05] gemeinsam ist die Aussage, dass es sich bei PLM nicht um ein „out of the Box“ System handelt, auch nicht um eine einzelne Anwendung, sondern mehr um eine Lösungsstrategie, die teilweise mehrere IT-Systeme integriert. Die ehemaligen PDM-Anbieter mutierten nahezu vollständig zu PLM-Anbietern bzw. wurden von ERP- bzw. CAD-Anbietern aufgekauft und bieten inzwischen ein mehr oder weniger vollständiges PLM-Portfolio an.

In Kapitel 6 werden die wesentlichen Komponenten von PDM und PLM-Lösungen näher erläutert. Im Folgenden wird eine grobe Übersicht über die über PDM hinausgehenden Funktionen gegeben.

Managementfunktionen

Support-Methoden für Planungs- und Entscheidungsfindung können für Manager komprimierte, aggregierte Informationen zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Form und Qualität zur Verfügung stellen und Auswirkungen von alternativen Entscheidungen simulieren [EBL–07, BEL–08]. Diese Lösungen bauen auf operativen Systemen auf und werden durch verschiedene Business Intelligence-Ansätze unterstützt. Sie werden heute primär in betriebswirtschaftlichen Anwendungsfeldern eingesetzt. Eine Diskussion im PLM-Kontext fehlt bisher.

Ziel solcher Systeme muss die Schaffung einer durchgängigen, gesicherten Informationsbasis zur Unterstützung strategischer und operativer Planungen sowie Entscheidungsprozesse für verschiedene Unternehmensebenen sein. Ein weiterer Aspekt sind Kosten- und Risikoabschätzungen. Beschleunigte Marktansprüche und verkürzte Entwicklungszyklen erfordern, dass der die Entstehung eines Produkts beschreibende Prozess die Durchlaufzeit der Entwicklung, die Kosten des Produkts sowie das Risiko aus den Funktionen und dem Aufbau der Elemente berücksichtigt. Abbildung 3–9 zeigt einen Denkansatz für eine solche Erweiterung.

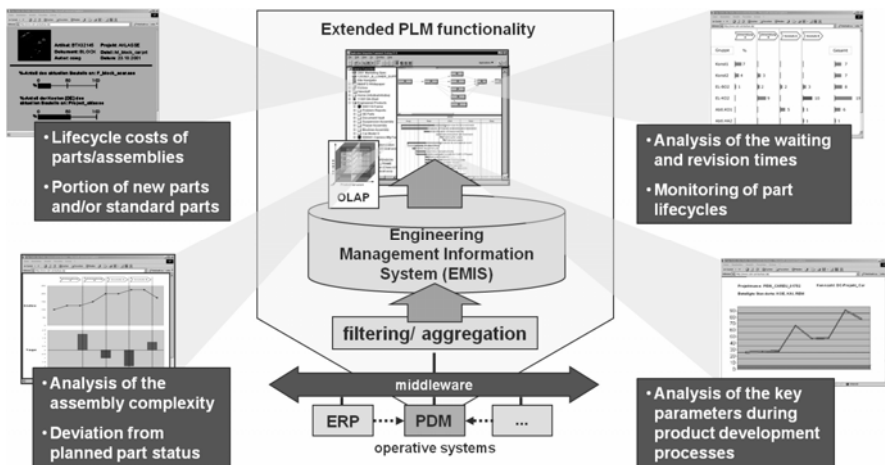


Abb. 3–9 Erweiterte Managementfunktionen im Rahmen einer PLM-Lösung [ABS–04]

Customer Needs Management (CNM)

Die steigende Produkt- und Prozesskomplexität erfordert verbesserte Methoden, Prozesse und IT-Lösungen im gesamten Produktentstehungsprozess (PEP). Die Nutzung von virtuellen Entwicklungspotenzialen und des Cross Enterprise Engineering, d. h. die Einbindung von Kunden und Zulieferern be-

reits in den frühen Entwicklungsphasen, führt zu einer Verkürzung des Innovationsprozesses bei gleichzeitiger Erhöhung der Qualität und Senkung der Kosten. Dieser Ansatz wird als *Frontloading* bezeichnet. Ein anderer Ansatz des CNM ist die Unterstützung des After Sales-Prozesses.

Gegenstand des Frontloading ist die Vorverlagerung von Ressourcen und ergebniskritischen Teilprozessen. Frontloading betrifft die frühe Phase des PEP, in der

- 70% bis 80% der Produkt- und Projektkosten festgelegt werden,
- die Kosten für Änderungen noch sehr gering und
- die Möglichkeiten der Kostenreduktion hoch sind.

Aus Sicht der Unternehmen ergeben sich im Sinne des föderierten Frontloadings – d. h. unter Einbeziehung von Kunden und Zulieferern – folgende Anforderungen an die Produktentstehung:

- frühzeitige Erhöhung des Produkt- und Prozesswissens gemeinsam mit Kunden und Zulieferern,
- gemeinsamer Zugriff auf alle für das Produkt relevante Informationen (Product Record) während der frühen Phasen des Produktlebenszyklus, insbesondere in den für den Kunden relevanten Phasen der Angebotsbearbeitung, Anforderungsspezifikation und der funktionalen Festlegung des Produkts und
- Unterstützungsfunktionen, um intelligente Produktkataloge und -baukästen auf Webseiten bereitzustellen. Damit wird die firmenspezifische Vorbereitung für e-Commerce realisiert. Die Aufbereitung der Produktbaukästen geschieht auf Basis von variablen Sachmerkmalen und Produktkonfiguratoren, die i. d. R. mit Variantenstücklisten und Entscheidungslogiken arbeiten. Der Kunde ist damit in der Lage, das Wissen über die Produkttypen und die Auswahllogiken, die zur Auswahl eines bestimmten Produkttyps aufgrund verschiedener Parameter führen, über das Internet zu nutzen.

Die After Sales-Unterstützung bezieht sich im Wesentlichen auf die Handhabung von Ersatzteilen, dem Service und der Administration von Wartung, Reparatur und Überholung (MRO).

Material Sourcing

Es ist heute üblich, dass der Ingenieur wesentlich früher in den Beschaffungsprozess (SCM) eingebunden ist. Anbieterverbünde mit gemeinsamen Systementwicklungen bedürfen einer wesentlich früheren Abstimmung von Systemkomponenten. Dieser Prozess wird von PLM-Lösungen folgendermaßen unterstützt:

- Datenaustausch auf Basis von Standards (STEP, PDX, PDML, JT),
- Zugriff auf „e-Market Places“ bzw. elektronische Zuliefererkataloge und
- Einbindung von CSM (Component Supplier Management) Systeme.

CSM-Systeme stellen Informationen über die Komponenten, Zulieferer, Konstruktionsanleitungen und Einbauanweisungen sowie weitere für den Auswahl- und Einkaufsprozess relevante Daten (Vorzugsreihen, Preise, Preisgleitklauseln) bereit. Üblicherweise handelt es sich um Third Party-Anbieter. Diese Funktion ist insbesondere in PLM-Lösungen ausgeprägt, die in Unternehmen eingesetzt werden, die einen hohen wertmäßigen Zukaufanteil besitzen, z. B. in der Elektronik-Branche.

Engineering Collaboration

Das Konzept der *Engineering Collaboration (EC)* beschreibt allgemein alle Möglichkeiten (Anwendungen und Funktionen) der Zusammenarbeit verteilter Entwicklungsteams in allen Phasen des PEP unter Nutzung webbasierter Kommunikationstechniken. Aufgrund dieser Sachverhalte ergeben sich für Methoden, Prozesse und IT-Lösungen im Produktentstehungsprozess folgende konkrete Anforderungen:

- *Integration* der Prozesse und IT-Lösungen über den gesamten Produktlebenszyklus und
- *Föderation* der Prozesse und IT-Lösungen in einem dezentral und verteilt arbeitenden Unternehmen und im Rahmen der Zuliefererkette auch über die Unternehmensgrenze hinaus.

Unter dem Begriff Engineering Collaboration werden alle Werkzeuge und Funktionen zusammengefasst, die eine Zusammenarbeit von Anwendern des PLM-Systems unterstützen. Im Einzelnen sind dies:

- Unternehmensübergreifendes CSCW (Computer Supported Cooperative Work),
- Maßnahmen zur Sicherung Firewall-übergreifender Systemzugriffe,
- Datenaustausch zwischen den beteiligten Anwendern,
- unternehmensweite Visualisierung auf der Basis neutraler Datenformate, z. B. JT, PROview, 3D XML, ADOBE PRC und
- Integrationen in Legacy Systeme, z. B. CAD, CAE, CASE, ERP.

Produktionsmanagement

Produktionsmanagement ist eine Funktionserweiterung von PLM für Prozess- und Ressourcenplanung, Simulation und Optimierung der Fertigung und Montage, Prozessanlauf und -umsetzung, Ausführung, Analyse und Prozessverbesserungen. Diese Funktionserweiterungen werden insbesondere für die Administration der Lösungen für die Digitale Fabrik benötigt. In diesem Funktionsbereich ergeben sich starke Überlappungen zu ERP-Systemen.

3.4 Einbindung von PLM-Lösungen in eine betriebliche IT-Architektur

PLM-Lösungen werden – zumindest in größeren Unternehmen – aufgrund ihrer breiten Funktions- und Prozessabdeckung häufig auf der Basis eines vierstufigen Architekturkonzeptes umgesetzt (Abb. 3–10).

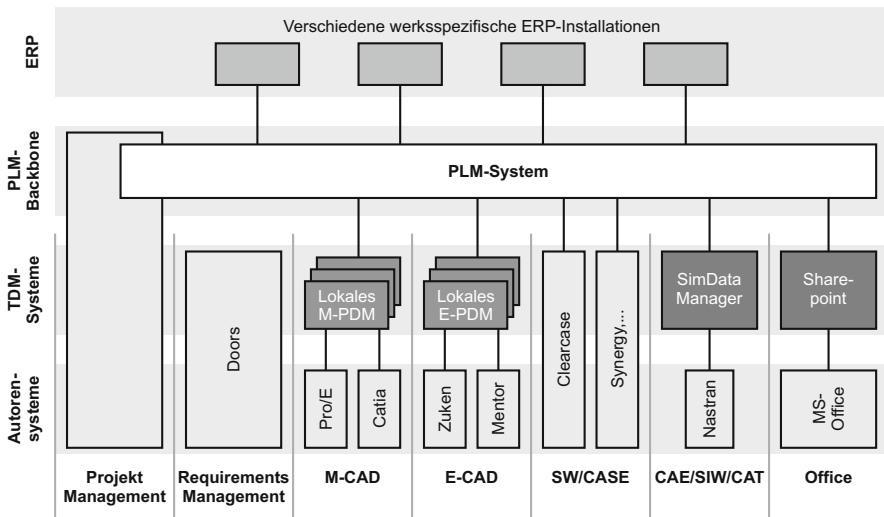


Abb. 3–10 Typisches vierstufiges Architekturkonzept (Beispiel)

Die unterste Ebene stellt die verschiedenen Autoren-systeme entlang des Produktlebenszyklus dar. Dazu gehören z. B. Anforderungs-, Projektmanagementsysteme, M-CAD, E-CAD und CASE-Tools, CAE-Systeme und Office-Anwendungen. Die nächste Ebene verwaltet die erzeugten digitalen Daten nahe an den Autoren-systemen. Die auf dieser Ebene eingesetzten Systeme werden im allgemeinen Team Data Management (TDM) genannt. Diese Ebene bedeutet gerade in großen weltweit operierenden Firmen mit einem breiten mechatronischen Produktspektrum die Reduktion der Gesamtkomplexität

durch Trennung von Disziplinen, Produktlinien und organisatorischen Einheiten. Außerdem ist ein zunehmender Trend zu erkennen, dass die Lieferanten der Autorensysteme die TDM-Systeme fest an ihr Autorensystem verknüpft mitliefern, bzw. die offene Schnittstelle zur Anbindung anderer TDM- oder PDM-Systemen eingeschränkt haben. Die sog. *native Daten*, d. h. die im Format des Autorensystems erzeugten Formate, werden i. d. R. auf dieser Ebene gespeichert. Die nächste Ebene wird häufig *PLM-Backbone* oder auch *Engineering Backbone* genannt. Auf dieser Ebene werden die unternehmensweit harmonisierten technischen Stammdaten und die über alle Disziplinen fusionierten Konstruktionsstücklisten verwaltet. Zentrale Prozesse wie Freigabe- und Änderungsmanagement, Konfigurationsmanagement, Visualisierung auf der Basis neutraler Formate und Archivierung werden üblicherweise auf dieser Ebene umgesetzt. Sie garantiert einen weltweit einheitlichen Zugriff auf alle technischen Stamm- und Strukturdaten mit allen Konfigurationen. Aus dieser Ebene heraus erfolgt die Übergabe der fertigungsrelevanten Informationen an die werksspezifischen ERP-Systeme.

Literatur

- ABR-05 Abramovici, M.: Quo vadis PLM?. In: CAD/CAM-Report 24 (2005) 8, 10
- ABS-04 Abramovici, M.; Schulte, S. et al.: Benefits of PLM - Nutzenpotentiale des Product Lifecycle Managements in der Automobilindustrie. Benchmark Studie, IBM Verlag, Frankfurt 2004
- AMR-99 AMR Research Study PLM. Report of AMR Research Inc., Boston 1999
- AMS-06 Anton, O.; Muschiol, M.; Schnorr, J.: PLM - Quo vadis. Tagungsunterlagen PLM life live 2006
- AND-98 Anderl, R.: Produktdatentechnologie III – Produktdatenmanagement. Vorlesungsskript, Universität Darmstadt, 1998
- BEL-08 Bitzer, M.; Eigner, M.; Langlotz, M.; Kasai, C.: Product planning and decision representation and reuse in next generation Product Lifecycle Management solutions. Proceedings PLM08 - The 5th International Conference on Product Lifecycle Management, Seoul 2008
- DAY-02 Day, M.: What is PLM?, CAD Digest, 01.04.2002
- DDL-99 David, D. Lyon: Practical CM – Best Configuration Management Practices for the Twenty First Century; Second Edition, RAVEN Publishing Company 1999
- EBL-07 Eigner, M.; Bitzer, M.; Langlotz, M.: Management Decision Support by PLM Solutions. ICED 07: 16th International Conference on Engineering Design", Paris 2007
- EHA-98 Eigner, M.; Haesner, D.: Konfigurationsmanagement als integrierter Teil von PDM. EDM-Report 6 (1998) 3
- EHS-91 Eigner, M.; Hiller, C.; Schindewolf, St.; Schmich, M.: Engineering

- Database – Strategische Komponente in CIM-Konzepten. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1991
- EIG-96 Eigner, M.: Technische Informationssysteme. ZWF 91 (1996) 9
- FAD-05 Ameri, F.; Dutta D.: PLM: Closing the Knowledge Loops. Computer Aided Desig&Applications 2 (2005) 5
- FLD-08 Feldhusen, J.; et al.: Product lifecycle management für die Praxis. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2008
- HWP-93 Hewlett-Packard: Engineering Data Management – Das Umfeld für die fortschrittliche Produktentwicklung. Hewlett-Packard Company Eigendruck 1993
- LSG-05 Lawrence S. Gould: Additional ABCs About PLM, Automotive Design and Production 01.12.2005
- PAU-95 Paul, G. et al.: Produktdatenverwaltungssysteme – Methoden und Werkzeuge zur Unternehmensintegration. CIM Management 11 (1995) 4
- SCH-06 Scheer, A.-W. et al.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2006
- SPK-97 Spur, G.; Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt – Management der CAD-Technik. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1997
- TER-04 Teresko, J.: The PLM Revolution. Industry Week 02.01.2004
- VAJ-03 Vajna, S.: Produktlebenszyklus. Frankfurter Allgemeine Zeitung 27.01.2003

4 PLM als Backbone der virtuellen Produktentstehung

Der Einsatz der Informationstechnologie im Produktentstehungsprozess hat bereits einen hohen Durchdringungsgrad erreicht und zielt darauf ab, die Produktentstehung weitgehend digital durchzuführen. Dafür ist der Begriff der Virtuellen Produktentwicklung geprägt worden. Reicht der Prozess über die Produktentwicklung hinaus bis in den Bereich der Produktionsentwicklung hinein, so wird er auch als Virtuelle Produktentstehung bezeichnet. IT-Lösungen für die virtuelle Produktentstehung sind Autorensysteme, Lösungen zur Simulation und Berechnung, Lösungen zur Planung und Simulation von Fertigung und Montage sowie Kooperationswerkzeuge. Produktdaten-Management und Product Lifecycle Management Lösungen bilden den administrativen Verwal- tungsbackbone für diese Systeme und Lösungen.

4.1 Virtuelle Produktentstehung – Definition

Die in Kap. 2 genannten Veränderungen des Produktentstehungsprozesses führen zu einem großen Bedarf an neuen innovativen Entwicklungsmethoden, optimierter Prozessgestaltung und neuen Technologien. Nur so ist es möglich, die Produkt-, Produktions- und Prozesskomplexität zu beherrschen, die Entwicklungszeiten zu verkürzen und die Produktqualität zu erhöhen. Eine entscheidende Bedeutung hat in diesem Zusammenhang das Innovationspotenzial der *virtuellen Produktentstehung (VPE)*, die alle Verfahren zur Definition von Produkten und den dazugehörigen Produktionsressourcen sowie die Verifikation und Validierung auf der Basis rechnerinterner Modelle und deren grafischer Präsentationen zusammenfasst. Als Verknüpfung von Produktentstehung und Informationstechnik bietet die Virtuelle Produktentstehung allen Unternehmen die Möglichkeit, informationstechnische Werkzeuge für die innovative Gestaltung ihrer Produkte einzusetzen und deren Potenziale gezielt für den Unternehmenserfolg zu nutzen. Um in heutigen globalen Märkten erfolgreich zu sein, müssen Unternehmen, und dies schließt kleine und mittelständige Unternehmen explizit ein, adäquate Kompetenzen im Bereich der virtuellen Produktentstehung aufbauen.

Unter Virtueller Produktentstehung wird die durchgehende Rechnerunterstützung bei der Produkt- und Produktionsentwicklung unter intensiver Anwendung von Simulations-, Validierungs- und Verifikationstechniken auf der Basis digitaler realitätsnaher Modelle verstanden. Ziel ist die frühere Erarbeitung des Produkt- und Produktionswissens und damit das frühzeitige Erkennen von Produkteigenschaften sowie die drastische Reduzierung von physischen Prototypen (PMU = Physical Mock-Up).

Die Virtuelle Produktentstehung ermöglicht – unter Einsatz von Systemen der Virtuellen Realität – eine frühzeitige, kontinuierliche, vernetzte (Prozesssicht) und integrierte (Systemsicht) Unterstützung der Mitarbeiter hinsichtlich der Abstimmung, Analyse und Konkretisierung der Entwicklungsergebnisse mit Hilfe digitaler Prototypen (DMU = Digital Mock-Up). Dieser digitale Prototyp entspricht einer realistischen Repräsentation des Produktes (= Virtuelle Realität). Dies schließt die meisten während des Lebenszyklus geforderten Funktionen inklusive der Übergabe an die Produktionssimulation mit ein.

Abbildung 4–1 zeigt die Resultate bezüglich der frühzeitigen Bereitstellung des Produktwissens und der Reduktion der Entwicklungszeit.

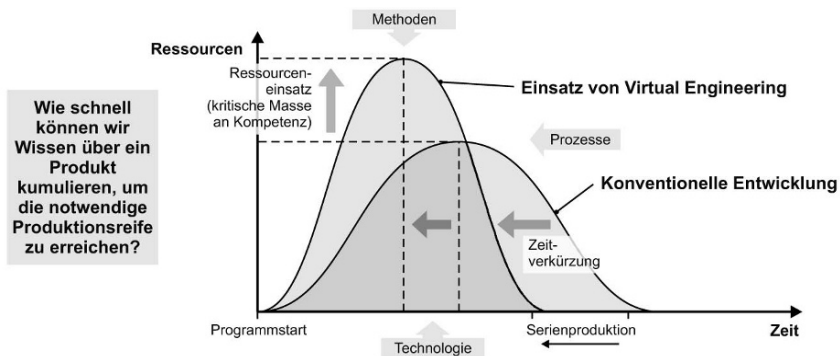


Abb. 4–1 Verlagerung von ergebniskritischen Teilprozessen und Ressourcen in die frühen Phasen der Entwicklung [OVT–05]

4.2 IT-Lösungen für die virtuelle Produktentstehung

Zielsetzung der virtuellen Produktentstehung ist die möglichst vollständige und realitätsnahe Beschreibung des Produkts, um auf dieser Basis Bewertungen, Berechnungen und Simulationen durchzuführen. Eine Reihe von IT-Lösungen stehen heute bereits zur Verfügung. Abbildung 4–2 zeigt einen Überblick.

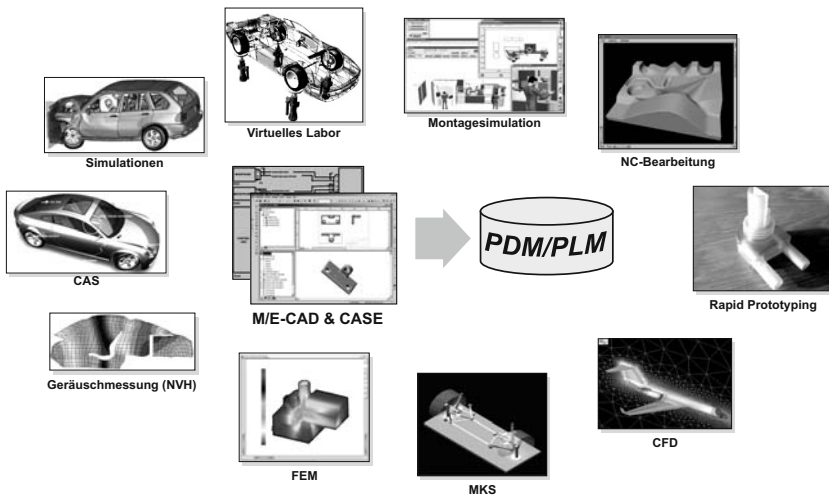


Abb. 4–2 Beispiele von IT-Lösungen für die virtuelle Produktentstehung

CAD-Systeme und PLM-Lösungen bilden den Kern einer Virtuellen Produktentstehungslösung. CAD-Systeme erarbeiten die funktionale und geometrische Grundlage des Produktes, PLM-Lösungen verwalten und verteilen die digitalen produkt- und prozessrelevanten Informationen. Heute haben diese Systeme schwerpunktmäßig einen administrativen Charakter. Sie haben aber durchaus das Potenzial auch den Planungs- und Entscheidungsprozess im Rahmen der Produktentstehung zu unterstützen.

Autorensysteme (Authoring Systems)

Die sog. „Autorensysteme“ erzeugen die grundlegenden geometrischen, technologischen oder funktionalen produktrelevanten Daten. Zu ihnen gehören die Computer Aided Design (CAD)-Systeme für die Anwendungen

- Mechanik (M),
- Elektrotechnik und Elektronik (EE) sowie
- Softwareentwicklungssysteme (CASE-Tools).

Die Anwendung von CAD beschränkt sich bis heute vorwiegend auf die funktionalen (E-CAD und CASE) und die geometrischen Aufgaben (M-CAD und E-CAD) in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase. In letzter Zeit sind verstärkte Bemühungen zur Integration auch anderer (nicht primär funktionaler oder geometrischer) Informationen und Funktionen in CAD-Systeme zu beobachten, z. B. Integration von Entwurf und Berechnung oder Einbindung von wissensbasierten Systemen. Wichtiges Argument beim Aufbau integrier-

ter Prozessketten ist die Offenheit des Systems und die Existenz industriell anerkannter bzw. genormter Schnittstellen.

Ein weiteres relevantes Autorensystem ist *Computer Aided Styling (CAS)*. CAS-Systeme sind skalierbare Softwarelösungen, die alle Aufgaben des Designprozesses, vom 2D-Sketching über 3D-Concept Modeling bis zu Class-A Surfacing, in einer Softwareumgebung abdecken (Abb. 4–3).



Abb. 4–3 Fotorealistische Darstellungen in CAS (Quelle: Alias/Autodesk)

Produktdatenmanagement und Product Lifecycle Management

PLM-Lösungen sind die IT-Lösungen zur Umsetzung des für den Prozess der virtuellen Produktentstehung notwendigen Daten-Backbone. Ihre Funktionen wurden detailliert in Kap. 3 beschrieben. PLM integriert alle produktrelevanten Informationen, Prozesse und Systeme innerhalb eines Unternehmens über verschiedene Standorte und über existierende IT-Systeme, und außerhalb zu Zulieferern, Partnern und Kunden. Das Internet spielt als Infrastruktur eine wesentliche Rolle.

IT-Lösungen zur Simulation und Berechnung

Der Begriff „Simulation“ wird nach der VDI-Richtlinie 3633 folgendermaßen definiert:

Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.

Folgende Berechnungs- und Simulationstechnologien besitzen für produzierende Unternehmen die größte Bedeutung:

- Ablauf- und Funktionssimulation,
- Finite Element Methode (FEM) – Simulation,
- Mehrkörpersimulation (MKS),
- Computational Fluid Dynamics (CFD) und
- Noise Vibration Harshness (NVH).

Diese Technologien werden auch unter dem Begriff Computer Aided Engineering (CAE) zusammengefasst.

Mittels *Ablauf- und Funktionssimulation* können komplexe Produkte und Produktionsanlagen im Rechner abgebildet und hinsichtlich der Bewegungsabläufe optimiert werden. Typische Anwendungsgebiete in der Mechanik sind die Grobplanung des Layouts, der Logistik, des Fertigungsprinzips und die Bewertung der Systemleistung. Weitere Anwendungsfelder liegen in der Produktionsplanung und -steuerung sowie in der Optimierung von Steuerungsstrategien. Die grafische 3D-Simulation bzw. Kinematiksimulation dient der Analyse und Optimierung der Bewegungsabläufe und Einbauuntersuchungen von Produkten und Produktionssystemen. Alle relevanten Teile des simulierten Produkts bzw. der Anlage werden als 3D-Modelle definiert, bewegte Teile werden mit ihrer Kinematik beschrieben. In der Planungsphase eines Produktes können so bereits detaillierte Bewegungs-, Einbau- und Ablaufstudien durchgeführt werden. Anwendungsbeispiele sind Bewegungskinematik von Achsgeometrien, Schiebedächern, Scheibenwischern usw. Genau wie in der mechanischen Anwendung werden natürlich auch elektrische und elektronische Schaltungen in ihren Funktionen simuliert. Wenig eingesetzt – weil auch nur begrenzt verfügbar – ist die vollständige mechatronische Simulation, d. h. das Zusammenspiel von Mechanik, Elektronik und Software im Produkt. Ein Schritt in Richtung angewandter mechatronischer Simulation ist die Kombination von virtuellen Umfeldsystemen mit realer Hard- und Software (↪ Hardware in the Loop) (Abb. 4–4).

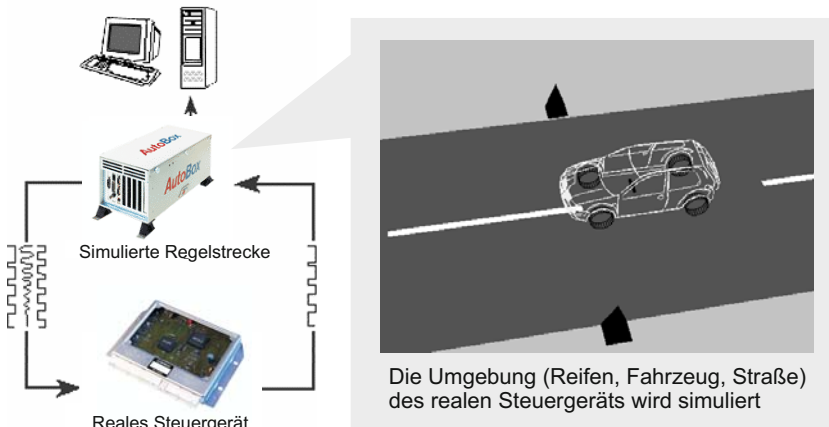


Abb. 4-4 Hardware in the Loop (Quelle: MAGNA Steyr Fahrzeugtechnik, Graz)

FEM-Simulation eignet sich zum Nachbilden der physikalischen Eigenschaften von Werkstoffen. Dadurch ist es beispielsweise möglich, die mechanische Beanspruchung oder das Schwingungsverhalten einzelner Bauteile beziehungsweise ganzer Baugruppen am Rechner zu analysieren. Die FEM-Simulation wird eingesetzt zur Berechnung der Betriebsbeanspruchung und zur Optimierung der Prozessparameter. Neben mechanischen Prozessen können auch thermische, rheologische oder strömungsmechanische Prozesse nachgebildet werden.

MKS dient der Berechnung der Kinetik von Systemen, die aus mehreren Komponenten bestehen. Damit lassen sich beispielsweise Lagerkräfte bei der Beschleunigung von Massen bestimmen. Bewegungs-, Verformungs- und Versagensabläufe komplexer, großer Strukturen lassen sich wirtschaftlich nicht mit der Methode der Finiten Elemente (FEM) berechnen. Um globale Aussagen über das Verhalten dieser Systeme zu erhalten, ist es völlig ausreichend, sie als Mehrkörpersystem aus Massenpunkten und Balken- oder Feder-elementen zu modellieren. Diese Art der Modellierung ist allerdings ungeeignet, detaillierte Versagensvorgänge in den Kontaktbereichen (Aufschlag-zonen) zu simulieren. Daher sind gegenwärtige Bestrebungen dahin gerichtet, MKS und FEM gemeinsam einzusetzen, so dass für das globale Strukturverhalten MKS, für die Versagensbereiche der Kontaktzonen hingegen FEM Systeme eingesetzt werden.

CFD bezeichnet die numerische Simulation von Strömungen. Eine wichtige Grundlage bilden die Erhaltungssätze der Physik für Masse, Impuls und Energie. Ergänzend werden aber auch empirische Ansätze (Turbulenz, Wärmeübertragung zu Oberflächen etc.) verwendet. Zusätzlich zum konvektiven Wärmetransport können auch der Wärmetransport durch Leitung oder/und

Strahlung, oder Vorgänge wie Schadstoffausbreitung, simuliert werden. Die Modellierung kann dabei 2- oder 3-dimensional sowie stationär oder transient erfolgen.

NVH simuliert und berechnet Geräusche, Schwingungen und Steifigkeit. Der Einfluss der Geräusche, besonders in der Automobilindustrie, in ihrer Auswirkung auf den Passagier und dessen Umgebung, wird ermittelt. Die Berechnung erfasst nicht nur das objektive Maß der Geräusche und der Erschütterung, sondern auch die subjektive Auswirkung. Anwendungsfälle sind z. B., wie ein Schalldämpfer klingt, welche Art der Windgeräusche irritierend ist und welche Art der Gummireifengeräusche angenehm oder ärgerlich ist.

IT Lösungen zur Planung und Simulation von Fertigung und Montage (☞ Digitale Fabrik)

Während Produkte bereits längst digital entworfen und optimiert werden, sind Methoden und Werkzeuge zur digitalen Planung und Absicherung von Produktionssystemen in Anlehnung an das Produkt relativ spät zum Einsatz gekommen. Sie werden unter dem Begriff „Digitale Fabrik“ zusammengefasst. Solche Werkzeuge sind heute ein integraler Bestandteil vom Produktionslebenszyklus in der Industrie [ZAF–08, SPL–08]. Eine Definition der Digitalen Fabrik wurde in [KÜH–06] vorgeschlagen:

Die Digitale Fabrik ist der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u. a. der Simulation und 3D-Visualisierung – die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt.

Der große Vorteil der Digitalen Fabrik ist die Möglichkeit zu einer produktionsgerechten Produktauslegung sowie zur optimalen Anpassung der zu entwickelnden Produktionssysteme und -prozesse an das Produkt zu gelangen. Natürlich erfordert auch der Einsatz von Simulationstechniken im Rahmen der digitalen Fabrik organisatorische Veränderungen und eine enge Koordination und Abstimmung mit dem ERP-System [RSF–08]. Die Werkzeuge der Digitalen Fabrik sorgen nicht nur für eine Integration zwischen Produkt- und Produktionsentwicklung (Abb. 4–5), sondern auch für ein ausgewogenes Einhalten der für die Produktion festgelegten (sowohl technischen, als auch wirtschaftlichen) Randbedingungen. Durch einen hohen Grad der Absicherung der Planungsergebnisse sollen bei Neuplanungen von Anlagen die Realisierungs- und Anlaufphasen drastisch verkürzt werden.

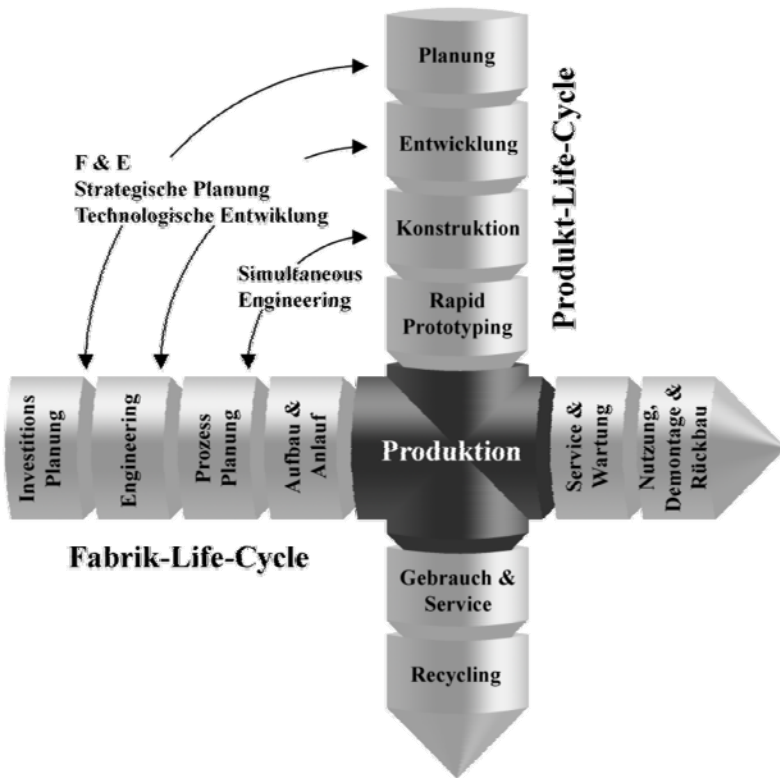


Abb. 4-5 Zusammenspiel von Produkt-Life-Cycle und Fabrik-Life-Cycle[IFF-07]

Weiteres Ziel der Digitalen Fabrik ist es, Rekonfigurationen von Produktionssystemen ohne großen Aufwand durchführen zu können. Dies soll wiederum durch umfassende Simulationen im Vorfeld erreicht werden, die zu kürzeren Stillstandzeiten der zu ändernden Anlagen in der Realisierungsphase und zu schnellerer Inbetriebnahme in der Wiederanlaufphase führen sollen [KIE-07]. Das ist ein Nachweis des lebenszyklusbezogenen Anwendungsgebiets der Digitalen Fabrik. Laut [LIG-99] ist sie ursprünglich zum Schließen der Lücke, bezogen auf die IT-Unterstützung zwischen Produktentwicklung (CAD) und Produktion, entwickelt worden. Heute werden aber ihre Anwendungen in zunehmendem Maße auch zur Unterstützung des Produktionsanlaufs bzw. zur produktionsbegleitenden Serienbetreuung herangezogen [ZVM-04, SAU-05]. Zu dieser Kategorie gehören folgende IT-Lösungen:

- Computer Aided Manufacturing (CAM),

- Manufacturing Process Planning Management (MPM),
- Fabriklayout Simulation und Optimierung (Digitale Fabrik) und
- Rapid Prototyping (RPT).

CAM ist ein Sammelbegriff für Verfahren, bei dem die Fertigungs- und Montagemaschinen mit Hilfe von Rechnern gesteuert werden. Verwendet wird *CAM* vorwiegend im Industriellen Bereich für die Steuerung von Werkzeugmaschinen. Im Idealfall werden die erforderlichen Informationen für die Steuerung direkt von den für die Entwicklung zuständigen CAD-Programmen geliefert (☞ NC-Programme). Das Hauptproblem bei *CAM* liegt in der Standardisierung der Schnittstellen zwischen den einzelnen Systemen, sowie der Anbindung von CAD-Programmen, da i. d. R. völlig andere Computersysteme für CAD verwendet werden, als zur Steuerung der Fertigungsgeräte wie Drehmaschinen, Gravier- oder Fräsanlagen.

MPM-Lösungen bieten Fertigungsingenieuren Zugang zu Produktengineering-Daten und Informationen zu den Fertigungs- und Montagemöglichkeiten ihrer Firmen und ihrer Partner, hilft ihnen bei der Suche nach den geeigneten Fertigungs- und Montagepraktiken ihrer Firma und bei der Analyse, Entwicklung und Simulation von Fertigungsstrategien und -unterlagen und führt den ERP-Systemen die zur Erstellung detaillierter Produktionspläne erforderlichen Daten zu.

Fabriklayout und -optimierung kann sich sowohl auf die Neugründung eines Fabrikbetriebs, als auch auf die Erweiterung oder Änderung des bestehenden Betriebes beziehen. Wegen der hohen Komplexität eines Fabrikbetriebes zählen zur Fabrikplanung sowohl Architektur, Gebäudeplanung, Produktionsanlagenplanung, Anlagenlayoutplanung, Personalplanung als auch Aufgaben der Fabrikorganisation. Die Fabrikplanung beschäftigt sich also im Wesentlichen mit der Neuplanung oder Änderung eines Fabrikbetriebs [GRU-06]. Fabriklayout- und Optimierungssysteme ermöglichen die Modellierung und Simulation von Produktionssystemen und Prozessen. So kann man schon vor Produktionsbeginn sicherstellen, dass die höchstmögliche Produktivität erreicht wird. Wenn Ingenieure das Resultat ihrer Planungen als virtuelle Fabriken betrachten können, so haben sie die Möglichkeit die Ressourcen optimiert im realen Werk einzusetzen.

RPT bezeichnet die Technologie durch additives, schichtenweises Auftragen von Material (☞ generative Fertigungsverfahren) direkt aus der abgeleiteten CAD-Geometrie ein Werkstück zu erzeugen. Der Begriff Prototyping ist eher irreführend, da neben den Prototypen auch Formen und Werkzeuge sowie Design- und Anschauungsmodelle gefertigt werden. In Abhängigkeit des Materials (flüssig, pulverförmig oder fest) unterscheidet man verschiedene Verfahren [GEB-07]:

- Stereolithographie (↪ Aushärten eines flüssigen Polymers),
- Selective Laser Sintering (↪ Schichtweises Aufschmelzen und Sintern von Kunststoff- oder Metallpulver),
- Fused Deposition Modelling (↪ Aufbringen von Kunststoffdrähten oder Feingusswachs) und
- Laminated Object Manufacturing (↪ Auflaminieren von Folien).

Virtuelle Techniken

Zu dieser Kategorie gehören folgende IT-Lösungen:

- Digital Mock-Up (DMU),
- Virtual Reality (VR) und
- Augmented Reality (AR).

Unter *Digital Mock-Up* versteht man die wirklichkeitstgetreue Beschreibung eines Produkts im Rechner. Es besteht aus Dokumenten, Attributen und Strukturen. Ein Digital Mock-Up stellt eine auf ein bestimmtes Endprodukt (z. B. Fahrzeug) bezogene, abgegrenzte Datenmenge dar, auf deren Grundlage Funktionalitäten des Produktes ausgeführt und getestet werden können. Zu diesen Funktionalitäten gehören beispielsweise Kollisionsüberprüfungen oder Crashberechnungen. Möchte man ein Digital Mock-Up nutzen, muss man gegebenenfalls Prozesse und Organisationsformen anpassen. Eine Kooperation zwischen Mitarbeitern oder Organisationseinheiten ist in Bezug auf ein bestimmtes Endprodukt unter Umständen früher erforderlich als in heutigen Prozessabläufen. Das Digital Mock-Up, also die Datenbank, dient als Informationsaustauschmedium, in das in einem festgelegten zeitlichen Turnus Informationen abgelegt werden. Zum Beispiel müssen alle 14 Tage neue Informationen über das Produkt in die Datenbank eingetragen werden, damit andere Mitarbeiter und Organisationseinheiten diese Informationen für ihre Arbeit nutzen können. Diese Arbeitsweise geht somit in die Richtung des Simultaneous Engineering bzw. Cross Enterprise Engineering, da es durch die stärkere Parallelisierung und Vernetzung von Prozessen möglich wird, früher als bisher Produktoptimierungen durchführen zu können oder Fehler am Modell früher erkannt werden können. Dadurch lassen sich in diesem Prozess Zeit sparen und Kosten senken. Als Voraussetzungen für den Aufbau und die Nutzung eines Digital Mock-Up darf es keine starren Prozesskonzepte geben und es muss ein systematisches und zielgerichtetes Projektmanagement erfolgen. Im Gegensatz zu den starren Prozesskonzepten sind eine stetige Anpassung an unternehmens- und produktspezifische Belange und ein am Kunden orientierter Prozessablauf erforderlich.

Zu Beginn eines Produktentstehungsprozesses müssen Produktstrukturen aufgebaut werden, in denen die Informationen über das Produkt abgelegt werden. Diese Produktstrukturen müssen es den anderen Mitarbeitern oder Orga-

nisationseinheiten ermöglichen, benötigte Informationen für ihre Arbeit möglichst schnell in diesen Produktstrukturen zu finden. Bei Nutzung des Digital Mock-Up können Versuchsaktivitäten durch aussagefähige, validierte Berechnungs- und Simulationsverfahren ersetzt werden.

Dadurch lassen sich z. B. etwaige Werkzeug- und Nachbearbeitungskosten für ein physisches Bauteil einsparen. Die Integration von Zulieferern ist ein weiterer wichtiger Aspekt des Digital Mock-Up. Da die parallel laufenden Entwicklungsaktivitäten sehr eng abgestimmt werden müssen, ist die Integration der Zulieferer in das Projekt von großer Bedeutung. Die gesamte Projektarbeit eines Digital Mock-Up findet im Rahmen von „Cross Enterprise Engineering Teams“ statt, in die die Zulieferer integriert werden müssen, damit der Gesamtprozess harmonisiert gesteuert werden kann.

Die Zulieferer müssen somit auch in den Datenaustausch einbezogen werden, der auch hier in einem regelmäßigen Turnus stattfinden muss. Das Digital Mock-Up erzeugt in den Entwicklungsabläufen eine starke Transparenz. Dies kann man z. B. daran sehen, dass durch das regelmäßige Ablegen von Daten ermöglicht wird, schneller zu erkennen, in welchen Teilprozessabläufen Schwachstellen liegen.

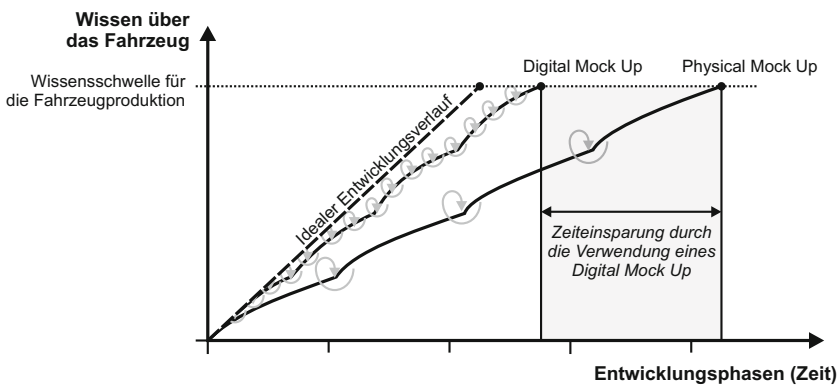


Abb. 4–6 Reduzierung der Entwicklungszeiten durch DMU [OVT–05]

Digital Mock-Up führt dazu, dass im Produktentstehungsprozess die physische Erprobung der Bauteile erst viel später einsetzt. Die Bauteile sind im Digital Mock-Up virtuell durch Berechnungs- und Simulationsverfahren sehr genau getestet worden, so dass zu Beginn der Herstellung der physischen Bauteile diese schon sehr weit entwickelt sind und die Zeit für die physische Erprobung gesenkt werden kann. Dadurch werden Kosten gesenkt und der gesamte Zeitplan kann sich verkürzen (Abb. 4–6).

DMU wird aufgrund der Komplexität der Produktgeometrie im CAD-System i. d. R. in einem neutralen Visualisierungsformat realisiert (JT von

SIEMENS PLM, U3D von Adobe und 3D XML von Dassault, VRML). Dies hat auch den Vorteil beim Einsatz von DMU bei Produkten, die aufgrund verschiedener CAD-Ausstattung der Zulieferer in verschiedenen Formaten vorliegen. Der DMU ist heute schwerpunktmäßig durch seinen statischen Charakter, seinen Einsatz in der mechanischen Konstruktion und meistens auf endgültiger Geometrie basierend geprägt. Aus Forschungssicht werden zukünftige Entwicklungen die Einbindung von Berechnung und Simulation multidisziplinärer digitaler Produktbeschreibungen ($\hookrightarrow$ Dynamic DMU) und der Einsatz der Mock-Up Technologie in der frühen Konstruktionsphase unter Verwendung angenäherter und vereinfachter Geometrie ($\hookrightarrow$ Conceptual DMU) berücksichtigen (Abb. 4–7).

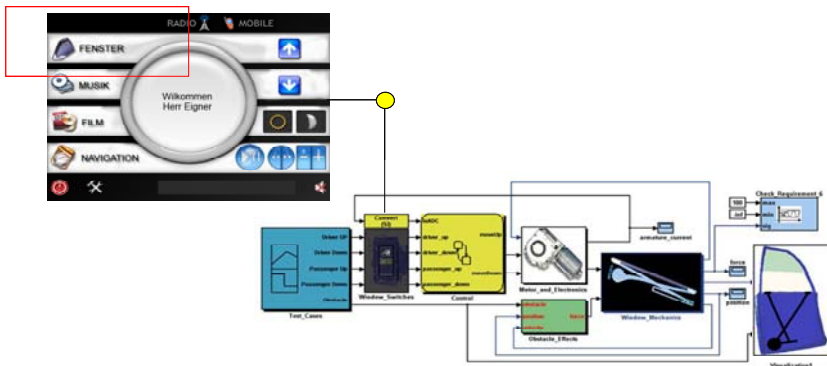


Abb. 4–7 Conceptual and Dynamic DMU

Unter dem Begriff *Virtual Reality* wird eine computergenerierte, virtuelle Umgebung verstanden, die im Unterschied zu einer reinen Animation Interaktionen in Echtzeit erlaubt. Der Anwender kann sich in dieser virtuellen Umgebung frei bewegen sowie die in ihr enthaltenen Objekte grafisch manipulieren. Dabei wird dem Anwender das Gefühl der Immersion, des „Eintauchens“ in die virtuelle Welt, vermittelt. Im Idealfall kann der Anwender mit der virtuellen Umgebung in ähnlicher Weise interagieren wie mit der realen Welt. So werden Bildschirm und Maus durch 3D-Visualisierungs- und Interaktionstechniken ersetzt. In diesem Zusammenhang wird die Interaktion multimodal ausgelegt, so dass neben dem rein visuellen Kanal weitere menschliche Sinne wie Akustik und Haptik in die Schnittstelle integriert werden. Einsatzgebiete von VR zeigt Abb. 4–8. Ein industrielles Beispiel ist in [CRU–04] beschrieben.

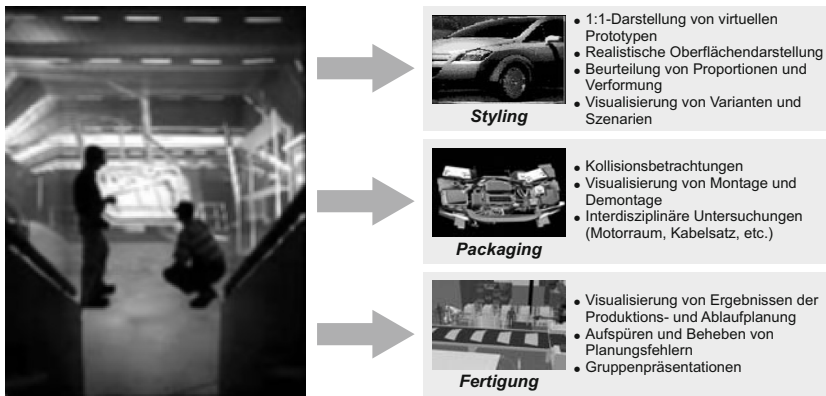


Abb. 4–8 Einsatzgebiete von VR [OVT–05]

Mittels einer Visualisierung und Optimierung im virtuellen dreidimensionalen Raum können physische Prototypen zunehmend durch digitale Prototypen ersetzt werden. Die Integration der Entwicklungs- und Produktionsbereiche auf Basis des digitalen Prototypen ermöglicht eine Parallelisierung der Produkt- und Prozessentwicklung. Darüber hinaus lassen sich Änderungen besser beherrschen. Damit kann die Anzahl der Änderungsschleifen reduziert bzw. deren Durchlaufzeit verkürzt werden. Diese Wettbewerbsvorteile werden ergänzt durch optimale Präsentationsmöglichkeiten zur Projektakquisition sowie zur Vermittlung von Entwicklungsständen in den frühen Phasen der Projekte. Insgesamt beinhaltet die Virtuelle Produktentstehung erhebliche Potenziale zur Reduzierung der Entwicklungszeiten und -kosten aufgrund einer verbesserten Produktqualität in den frühen Entwicklungsstadien. Die Nutzung neuer VR-Lösungen aus der Informationstechnik ist somit ein entscheidender Faktor für die Sicherung und Verbesserung der Marktposition der Unternehmen im Maschinenbau.

*Augmented Reality*¹ ist eine neue Form der Mensch-Technik-Interaktion, bei der dem Anwender Informationen in sein Sichtfeld eingeblendet werden - beispielweise über eine Datenbrille. Der virtuelle Anteil des Sichtfeldes basiert vollständig auf der Basis VR. Die Realität wird entweder über eine Kamera oder durch eine halbtransparente Brille gewährleistet. Die Einblendung geschieht jedoch kontextabhängig, d. h. passend und abgeleitet vom betrachteten Objekt, z. B. einem Bauteil. So wird das reale Sichtfeld beispielweise eines Monteurs durch eingeblendete Montagehinweise um für ihn wichtige Informationen erweitert. In diesem Falle kann Augmented Reality unter anderem das herkömmliche Montagehandbuch ersetzen.

¹ Augmented Reality = erweiterte Realität

Augmented Reality (AR)-Techniken können dazu beitragen, Anwendungen aus dem Bereich Virtual Reality (VR) wesentlich einfacher zu lösen, wenn der haptische, d. h. den Tastsinn betreffende, Eindruck, der bei VR durch spezielle Hardware erfolgen muss, im sog. „Mixed Mock-Up“ durch reale Objekte bzw. Teile abgedeckt wird. Einige Problemstellungen im Produktentstehungsprozess sind ausschließlich durch AR zu lösen, so z. B. direkte Vergleiche zwischen Versuchsergebnissen und Berechnungsergebnissen. Vielversprechende Erkenntnisse lässt der Einsatz von AR-Techniken beim Vergleich von Crash-Ergebnissen erwarten: Nach einem Crashtest überlagert das AR-System im Sichtfeld des Entwicklungsingenieurs das reale Crashfahrzeug mit der durch die Simulation vorhergesagte Verformung. Differenzen sind damit „auf einen Blick“ zu erkennen und zu bewerten.

Virtuelle Techniken haben einen großen Einfluss auf die Aufbau- und Ablauforganisation sowie auf die beteiligten Personen und deren Zusammenarbeit. Ein Umdenken ist auf allen Ebenen notwendig, um diese Techniken sinnvoll einzusetzen (Abb. 4–9).

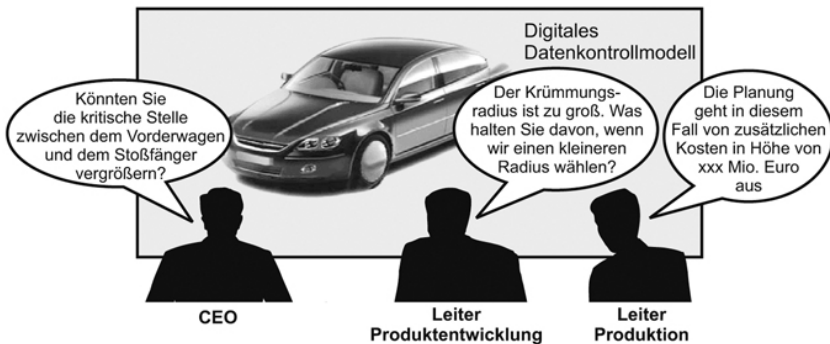


Abb. 4–9 Virtuelle Arbeitstechniken führen zu vollkommen neuen Arbeitstechniken [KRA–04]

IT Lösungen zur Unterstützung von Engineering Collaboration (e2e)

Der Begriff Engineering Collaboration fasst alle Anwendungen und Funktionen zusammen, mit denen die Zusammenarbeit von bereichsinternen und -externen Teilnehmern des Produktentstehungsprozesses unterstützt wird. Hierunter fallen die in Abb. 4–10 zusammengefassten Aufgabenbereiche.

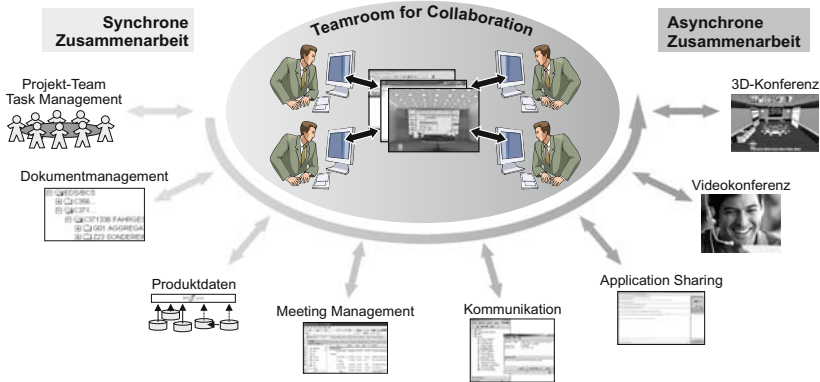


Abb. 4–10 Aufgabenbereiche eines Virtuellen Konstruktionsraums [FEL–04]

Speziell für den Produktentstehungsprozess muss die IT Lösung einen sog. Virtual Design Room anbieten, in dem die regional und organisatorisch getrennten Teilnehmer auf der Basis des Internets den DMU betrachten und bewerten können. Dazu gehört:

- Aufbau von sog. Engineering Portalen zur Kommunikation mit Kunden und Zulieferern,
- Sicherheitsmaßnahmen zur Sicherung Firewall-übergreifender Systemzugriffe und
- Datenaustausch auf der Basis von nativen Formaten oder Standards wie z. B. STEP oder PDX.

Typischerweise werden die Funktionen des Engineering Collaboration im Funktionsumfang eines PLM-Systems abgedeckt und durch virtuelle Techniken unterstützt.

IT Lösungen für Knowledge Based Engineering

Knowledge-Based Engineering (KBE) stellt in Verbindung mit CAD- und PLM-Lösungen die Techniken zur Verfügung, um vorhandene Daten und Regeln sowie erprobte Vorgehensweisen (best practices) elektronisch zu erfassen und allen Beteiligten im Entwicklungsprozess bereitzustellen [DEN–02, KRU–01]. Dadurch lassen sich Informationen heranziehen, die normalerweise nicht in CAD- und PLM-Lösungen, sondern verteilt im Unternehmen in anderen IT-Systemen zur Verfügung stehen – z. B., was das Produkt kosten wird, ob ein Teil gefertigt werden kann oder ob es zu einem Entwurf bessere Alternativen gibt. Ebenso kann geprüft werden, ob Konstruktionsvorschriften beziehungsweise nationale Vorschriften verletzt werden oder ob die Produkt-Spezifikation eingehalten wird. Das sorgt nicht nur für eine gleichbleibend hohe Produktqualität, sondern beschleunigt auch die Entscheidungsfindung,

was den „richtigen“ Entwurf betrifft. Nach [VAJ-01] ist die wissensbasierte Produktentwicklung die logische Fortentwicklung der rechnerunterstützten Produktentwicklung.

Literatur

- CRU-04 Crüchten, M.: Virtual Reality in der Produktentwicklung eines Schienenfahrzeugherstellers. Konstruktion 56 (2004) 3
- DEN-02 Denkena, B. et al.: Wissenmanagement in integrierten Produktlebenszyklen. ZWF 97 (2002) 9
- FEL-04 Feltes, M.: PLM-Services ein neuer Standard zur Unterstützung von Collaborative Engineering. PDM Implementor Forum 16. Nov. 2004, Daimler Forschung & Technologie
- GEB-07 Gebhardt, A.: Generative Fertigungsverfahren. Wien/München: Carl Hanser Verlag 2007
- GRU-06 Grundig, C.-G.: Fabrikplanung: Planungssystematik, Methoden, Anwendungen. Wien/München: Carl Hanser Verlag 2006
- IFF-07 Fabrik Life Cycle Management, Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, URL: www.iff.uni-stuttgart.de 2008
- KIE-07 Kiefer, J.: Mechatronikorientierte Planung automatisierter Fertigungszellen im Bereich Karosserierohbau. Universität des Saarlandes, Schriftenreihe Produktionstechnik, Band 43 2007
- KRA-04 Krause, F.-L.: Strategische Bedeutung des Digital Engineering. Digital Engineering Forum MIT Bochum 2004
- KRU-01 Krüger, J.: Produktdaten und Wissen wachsen zusammen. CAD/CAM Report 20 (2001) 10
- KÜH-06 Kühn, W.: Digitale Fabrik - Fabriksimulation für Produktionsplaner. Wien/München: Carl Hanser Verlag 2006
- LIG-99 Linner, S.; Geyer, M.; Wunsch, A.: Optimierte Prozesse durch Digital Factory Tools. VDI Berichte 1489, VDI Verlag, Düsseldorf 1999
- OVT-05 Ovtcharova, J.: Vorlesung „Virtual Engineering“. IMI, Universität Karlsruhe 2005
- RSF-08 Reinhard, G. et al.: Organisationsanpassungen - Von der digitalen Fabrik zum digitalen Unternehmen. ZWF 103 (2008) 1-2
- SAU-05 Sauer, O.: Trends bei Manufacturing Execution Systemen (MES) am Beispiel der Automobilindustrie. PPS Management (2005) 3
- SPL-08 Spath, D.; Leutes, J.: Wirtschaftlich Entwickeln und Produzieren durch die digitale Produktion. ZWF 103 (2008) 6
- VAJ-01 Vajna, S.: Wissensbasierte Produktentwicklung. CAD/CAM Report 20 (2001) 3
- ZAF-08 Zafirov, R.: Domänenübergreifende Modellierung und Validierung automatisierter Rohbau-Fertigungszellen. Diplomarbeit Lehrstuhl für virtuelle Produktentwicklung, TU Kaiserslautern 2008

- ZVM-04 Zäh, M. et al.: Virtuelle Inbetriebnahme im Regelkreis des Fabriklebenszyklus. Seminarberichte iwb, Nr. 74: Virtuelle Produktionssystemplanung, Herbert Utz Verlag 2004

5 Organisatorische und methodische Voraussetzungen der PLM-Einführung

PLM-Lösungen sind im Gegensatz von CAD- und CAE-Systemen tief in die technische Ablauforganisation eingebettet. Aus diesem Grund bedarf die Implementierung dieser Systeme einer methodischen und organisatorischen Vorbereitung und einer Anpassung der Prozesse. Gerade der industrielle Mittelstand ist bezüglich der Organisation der Engineering Aufgaben und Abläufe eher unsystematisch. Deswegen werden im Folgenden die wesentlichen Themen der organisatorischen und methodischen Einsatzvorbereitung vollkommen unabhängig von IT-Aspekten dargestellt. Jedes Unternehmen sollte seinen Engineering Bereich vor der späteren PLM-Implementierung organisatorisch optimieren, um die Randbedingungen und Ziele der Qualitätssicherung, Produkthaftung, verteilter Teamarbeit usw. zu erfüllen.

5.1 Nummernsysteme

Kurzbezeichnungen wurden schon lange vor dem Einsatz von IT-Systemen zur eindeutigen Beschreibung von Objekten (☞ Artikel, Unterlagen,...) in der betrieblichen Praxis eingesetzt. Derartige Bezeichnungen treten als eine Folge von Ziffern, Buchstaben und Sonderzeichen auf. Bildet man sie nach einer bestimmten Systematik, so liegt ein *Nummernsystem* vor. Synonym werden auch die Begriffe *Nummerungsschlüssel*, Schlüssel, Code und Codesystem verwendet.

Innerhalb einer PLM-Lösung hat das Nummernsystem die Aufgabe Objekte, d. h. Unterlagen, Artikel und Projekte, zu trennen (identifizieren) und zusammenzufassen (klassifizieren). Bei einer PLM-Einführung sollte daher sehr gewissenhaft auf ein funktionsfähiges Nummernsystem geachtet werden. Ist das Nummernsystem nicht auf die betrieblichen Anforderungen abgestimmt, muss es mit hohem Aufwand reorganisiert werden oder es kann nur eingeschränkt genutzt werden.

Problematisch ist, dass ein historisch gewachsenes und häufig bei der ERP-Einführung bereits geändertes Nummernsystem im Unternehmen eingeführt ist. Für die PLM-Einführung ergibt sich somit häufig die Konsequenz, dass die Benummerung der Artikelstämme des ERP-Systems übernommen werden

mus. Die Freiheitsgrade der Konzeption liegen in diesem Fall nur noch in den von der PLM-Lösung verwalteten Objekten, z. B. den Dokumenten.

Nach DIN 6763 dient eine Nummer zur Identifikation eines Objekts, d. h. dessen eindeutige und unverwechselbare Erkennung innerhalb eines Geltungsbereichs, z. B. die Sach- oder Artikelnummer für Teile, Baugruppen, Komponenten und Erzeugnisse. Eine weitere Aufgabe ist die Klassifizierung von Objekten, d. h. deren Einordnung in Gruppen nach bestimmten Gesichtspunkten, z. B. die Schraube in die Gruppe bzw. Familie der Verbindungselemente. Außerdem dient ein Nummernsystem zur Gliederung von Informationen und zur Prüfung auf Richtigkeit.

Dementsprechend versteht man unter der *Nummernart* die Einteilung der Nummer nach ihrer Informationsart oder ihrem Zweck. Man spricht von [GRP–87, JAH–79]:

- Identifizierungsnummern (auch Identnummer genannt),
- Klassifizierungsnummern,
- Informationsnummern und
- Kontrollnummern.

Die *Identifizierungsnummer* ist eine eindeutige, unverwechselbare Festlegung bzw. Erkennung eines Elementes, z. B. des Teilestammes 4712. Die Identifizierung kann sich auf ein einzelnes Element oder eine Gruppe von Elementen beziehen. Beim Aufbau einer Identifizierungsnummer sind einige wichtige Grundsätze zu beachten. Dies sind:

- Vollständigkeit der Nummernvergabe,
- Eindeutigkeit der Nummer und
- Unveränderlichkeit während ihrer gesamten Lebensdauer.

Eine *Klassifizierungsnummer* dient im Gegensatz zu den Identifizierungsnummern nicht dazu Elemente zu identifizieren. Unter der Klassifizierung von Objekten versteht man ihre Einordnung nach vorgegebenen Merkmalen in bestimmte Klassen, Familien oder Gruppen. Elemente mit derselben Klassifizierung sind nur gleich in Bezug auf die ausgewählte, beschriebene Eigenschaft (vgl. Kap. 5.2).

Beim Aufbau einer Klassifizierungsnummer ist auf einige Regeln zu achten. Diese sind z. B.:

- Eindeutigkeit der Zuordnung innerhalb eines Klassifizierungssystems,
- ausreichende Ausbaufähigkeit der zugrunde gelegten Begriffssysteme,
- Beschränkung auf eindimensionale Aussagen in einer Klassifizierungsnummer bzw. im gleichen Nummernteil und

- Verwendung sinnvoller, sprechender (mnemotechnischer) Schlüssel.

Informationsnummern enthalten eine direkte Aussage aufgrund unverschlüsselter Merkmale. Informationsnummern geben ohne Verwendung eines Nummernplans/Schlüsselverzeichnis unmittelbar Auskunft über Eigenschaften des verschlüsselten Elements, z. B. DIN-Nummern für Werkstoffe und Papierformate.

Eine *Kontrollnummer* liegt vor, wenn durch diese Nummer die Erkennung einer richtigen Person, Sache oder eines Sachverhaltes gewährleistet werden soll. Eine zusätzliche Kontrollnummer zu einer Identifizierungs- oder Klassifizierungsnummer ist nur dann sinnvoll, wenn wegen einer möglichen Verwechslungsgefahr auf die Auswahl der richtigen Nummer besonders große Bedeutung gelegt wird.

Nummern werden nach folgenden Grundsätzen bezüglich ihres Nummernschemas aufgebaut [GRP-87, VDI 2215]:

- nach dem Prinzip der *hierarchischen Strukturierung* bzw. der verzweigten Gliederung (☞ Baumstruktur);
- nach dem Prinzip der *unabhängigen Strukturierung* bzw. der unverzweigten Gliederung (☞ Listenstruktur).

Bei einem hierarchischen Nummernaufbau ist ein Nummernteil von dem links vor ihm stehenden Nummernteil funktional abhängig. Ein Nummernteil (Hierarchiestufe) kann dabei aus einer oder mehreren Stellen bestehen. Demnach kann ein Nummernteil nicht selbständig, sondern nur im Zusammenhang mit dem ihm übergeordneten Oberbegriffen ausgewertet werden.

Abbildung 5–1 zeigt ein Beispiel einer hierarchisch aufgebauten Nummer. Die zweite Stelle des Nummernsystems ist von der ersten Stelle abhängig. In der Kombination „ES“ (☞ Schraube) erhält das „S“ seine Interpretation in Abhängigkeit von der ersten Stelle „E“ (☞ Einzelteil).

Eine hierarchisch aufgebaute Nummer kann bei Bedarf durch eine Nummernverlängerung verfeinert werden. Typische Vorteile sind:

- kompaktere Darstellungsform der verschlüsselten Merkmale gegenüber einem unabhängigen Nummernaufbau;
- eventuell geringere Stellenzahl als bei Nummern mit einem unabhängigen Aufbau;
- in größeren Unternehmen einfacherer Aufbau eines Nummernschlüssels, da eine dezentrale Belegung in Abhängigkeit eines Vergabebereichs erfolgen kann.

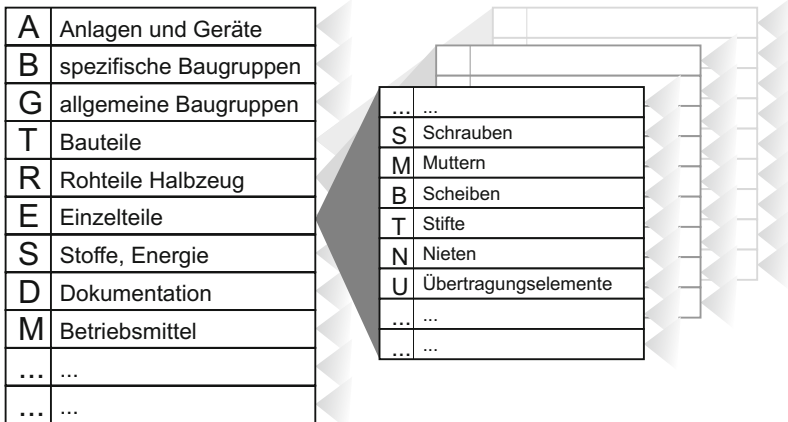


Abb. 5–1 Hierarchischer Nummernaufbau (verzweigte Gliederung)

Bei einem unabhängigen Aufbau hat jeder Nummernteil innerhalb einer Nummer eine generell festgelegte Bedeutung und ist nicht von anderen Nummernteilen abhängig. Jeder einzelne Nummernteil lässt sich daher selbständig auswerten (Abb. 5–2).

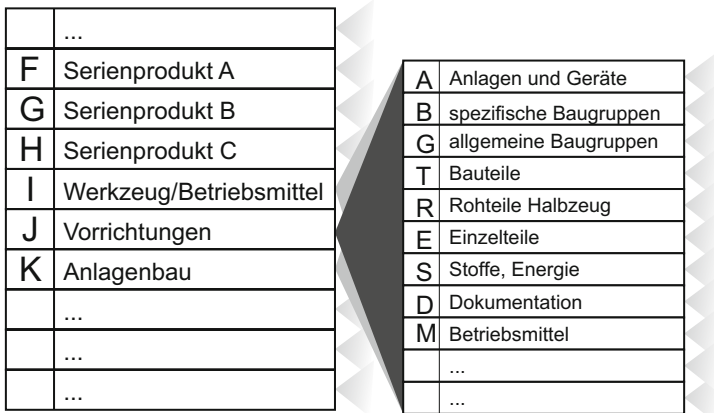


Abb. 5–2 Unabhängiger Nummernaufbau (unverzweigte Gliederung)

Eine Umklassifizierung einzelner Merkmale kann somit ohne Auswirkungen auf andere Nummernteile erfolgen.

Im Folgenden werden einige allgemeine Grundsätze für die Darstellungsform von Nummern aufgezeigt, wie sie sich besonders für den Einsatz in der Datenverarbeitung bewährt haben [GRP–87]:

- Eine Nummer sollte so kurz wie möglich sein. Darstellungsprobleme gibt es hauptsächlich bei langen Nummern.
- Anzeige von verschlüsselten Angaben auf Masken und Listen nur dort, wo dies unbedingt erforderlich ist;
- Angebot zusätzlicher optionaler Informationsmasken mit Informationen über den Nummernplan und Nummernaufbau;
- Alphabetische oder alphanumerische Schlüssel sind oft leichter merkbar und aussagekräftiger als rein numerische Schlüssel.
- Gliederung langer Nummern in leicht merkbare kurze Nummernblöcke (↪ Verwendung von Gliederungszeichen).

Die Zusammenfassung von Nummern oder Nummernteilen im Interesse einer bestimmten Anwendung bezeichnet man als Nummernsystem. Ein Nummernsystem kann also aus einer oder aus mehreren zusammengehörigen Nummern bestehen. So ist es beispielsweise für die maschinelle Datenspeicherung typisch, dass einer identifizierenden „Hauptnummer“ weitere Merkmale in selbständigen, ergänzenden „Nebennummern“ zugeordnet werden.

Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen zwei Systemformen, dem *Verbundnummernsystem* und dem *Parallelnummernsystem*.

Verbundnummernsystem

Die Nummer besteht aus einem klassifizierenden Teil und einer laufenden Zählnummer. Der gesamte Schlüssel wird zur Identifikation benötigt. Abbildung 5–3 zeigt den Aufbau eines Verbundnummernsystems.



Abb. 5–3 Verbundnummer

Das Verbundnummernsystem bietet sich vor allem für Aufgabenstellungen an, die vorwiegend mit manueller Datenverarbeitung verknüpft sind. Da die Nummer relativ kurz ist, trotzdem aber einen hohen Grad an Klassifikation beinhaltet, ist eine solche Nummer einfach zu ordnen und damit leicht manuell handhabbar.

Parallelnummernsystem

Es werden ein klassifizierender und ein identifizierender Teil unterschieden. Zur Identifikation dient nur die Zählnummer. Der Aufbau eines Parallelnummernsystems ist in Abb. 5–4 dargestellt.

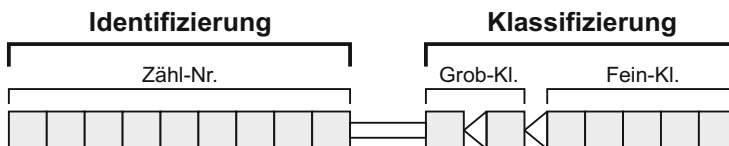


Abb. 5–4 Parallelnummer

Das Parallelnummernsystem eignet sich eher für IT-spezifische Anwendungen. Manuell ist ein solches Nummernsystem schwer handhabbar, da die identifizierende Nummer keine Klassifikation enthält.

Jedes technische Objekt muss über eine Nummer identifiziert und kann klassifiziert sein. Für PLM ist die sog. Sachnummer von besonderer Bedeutung. Neben dem Begriff Sachnummer sind auch die Begriffe Ident-, Teile-, Material- bzw. Artikelnummer gebräuchlich.

Die Sachnummer ist die zentrale Nummer in einem PLM- und ERP-System. Mit ihr werden die Stammdaten, d. h. alle zentral zu einem Artikel gehörenden technischen und dispositiven Daten verwaltet, die permanent im System gespeichert sind. Als Minimalanforderung sollte die Sachnummer Produkte, Baugruppen und Einzelteile verwalten. Jedoch ist das Anwendungsspektrum viel größer. In einem vollständig integrierten System kann die Sachnummer zusätzlich auch

- Rohmaterialien, Halbzeuge,
- Maschinen, Anlagen,
- Vorrichtungen, Werkzeuge sowie
- Hilfs- und Betriebsstoffe

verwalten. In Verbindung mit den allgemeinen Anforderungen an ein Nummernsystem entstehen aus verschiedenen Anwendungsbereichen differenzierte Anforderungen an die Sachnummer. Als optimale und IT-gerechte Lösung ist nur die Parallelnummer zu betrachten. Je nach betriebsinterner Situation können die einzelnen Klassifikationsgruppen/Zählnummerngruppen in ihrer Stellenanzahl schwanken.

5.2 Klassifizierungssysteme

Die Aufgabe einer Klassifizierung besteht darin, betriebliche Gegenstände nach ihren Eigenschaften zu ordnen, um auf sie zugreifen zu können. Daraus ergibt sich eine, gegenüber der traditionellen Dokumentation von betrieblichen Gegenständen in Zeichnungen und Stücklisten, zusätzliche Ordnungssystematik. Der Unterschied zwischen beiden Systematiken lässt sich wie folgt angeben:

- Zeichnungen und Stücklisten sind (überwiegend) produktorientiert. Dabei steht die geometrische (Zeichnungen) und strukturelle (Stücklisten) Beschreibung von Gegenständen im Rahmen der Produktstruktur im Vordergrund.
- Das Klassifizierungssystem beschreibt dieselben Gegenstände, jedoch produktneutral auf der Basis von Eigenschaftswerten. Die Aufgabe dieser Struktur besteht darin, die Gegenstände ohne den Kontext eines bestimmten Auftrages (verwendungsneutral) im Sinne von Musterlösungen bereitzustellen.

Demnach handelt es sich bei einem Klassifizierungssystem um einen Wissensspeicher, in den z. B. ein Normeningenieur die Ergebnisse früherer Projekte einbringt (↗ Induktion). Aus diesem Wissensspeicher kann der Konstrukteur später neue Lösungen durch »Wieder finden« und »Neukombinieren« oder »Anpassen« ableiten (↘ Deduktion).

Grundsätzlich kann die dazu notwendige Wissensspeicherung bereits auf der Basis der aus dem ERP-Bereich bekannten »Stammdaten« erfolgen, die i. d. R. eine bestimmte Menge von Eigenschaften der erfassten Gegenstände beschreiben. Allerdings ist diese Eigenschaftsmenge gering (z. B. häufig nur drei technische Merkmale neben Sachnummer und Benennung) und für alle Gegenstände konstant. Damit ist die »Auflösung« eines auf Stammdaten basierenden Suchsystems beschränkt.

Erweitern lässt sich diese Auflösung zunächst, wenn die betrachtete Eigenschaftsmenge vergrößert wird. Um damit aber die unterschiedlichsten Gegenstände treffend beschreiben zu können, ist eine sehr große Anzahl von Eigenschaften zu erfassen. Dies würde jedoch sowohl den Anwender überfordern (schlechte Übersicht, schwierige Erfassung, Mehrdeutigkeiten) als auch zu unerträglichen Antwortzeiten bei IT-Systemen führen.

Eine Lösung besteht darin die Gegenstände zu Gruppen größtmöglicher Ähnlichkeit zusammenzufassen (d. h. zu ordnen). Innerhalb dieser Gruppen sind dann die verbleibenden Unterschiede ausreichend gering, um sie durch Mensch und Maschine handhaben zu können. *Ordnungssysteme* (↗ Systeme zur Ordnung von Gegenständen in Gruppen) sind ein Hilfsmittel zur Dokumentation von Informationen. Sie haben die Aufgabe, einen ungeordneten Zustand mittels festgelegter Ordnungsmerkmale in einen geordneten Zustand zu

überführen. Nach Abb. 5–5 kennt man hinsichtlich des Aufbaus drei verschiedene Klassen von Ordnungssystemen [VDI–78]:

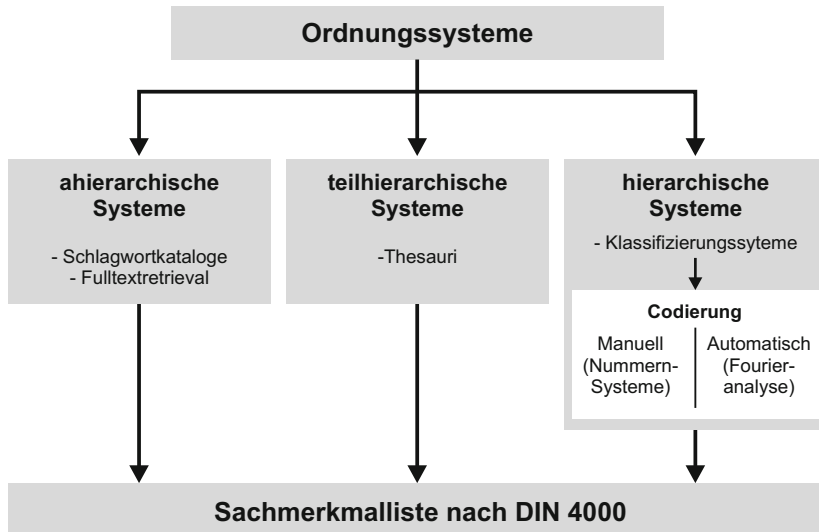


Abb. 5–5 Beispiel von Ordnungssystemen

Ahierarchische Systeme sind eine voneinander unabhängige Zusammenstellung von Informationen. Dazu gehören z. B. alphabetisch nach beschreibenden Begriffen sortierte Schlagwortkataloge oder willkürliche Zusammenstellungen von Gegenständen in Tabellen sowie der direkte Zugriff auf Textbestandteile innerhalb von Dokumenten (↗ Fulltextretrieval). Diese einfache Art der Dokumentation von verschiedenen Gegenständen hat den Vorteil der gesamtheitlichen Erfassung. Nachteilig ergibt sich aber ein notwendiger, enormer Speicheraufwand bei gleichzeitig geringer Auflösung bzw. Aussagekraft.

Teilhierarchische Systeme haben dagegen den Vorteil der bedingten Verknüpfung von Ordnungsmerkmalen. Dadurch bietet sich die Möglichkeit der Grobgruppierung von Objekten mit dem Vorteil, dass Gruppen nach gewünschten Eigenschaften gezielt ausgewählt werden können. Ein typischer Vertreter dieser Kategorie ist der *Thesaurus*. Darunter versteht man eine alphabetische Sammlung von Begriffen eines Fachgebiets mit systematischer Ordnung. Die einzelnen Begriffe können hierarchisch dargestellt werden. Ein Thesaurus ermöglicht es Informationen zur Unterstützung des Suchvorgangs teilhierarchisch geordnet abzulegen. Dies wird über die Verwendung von Schlagwörtern ermöglicht, die einmal der direkten Verschlüsselung dienen (Deskriptoren), aber auch zusätzliche Informationen (Nicht-Deskriptoren wie z. B. Synonyme) enthalten. Somit ist die Möglichkeit der Eingrenzung eines Objekts über gewählte Merkmale gegeben (Abb. 5–6).

Dazu ist eine eindeutige Begriffsdefinition erforderlich. Der wesentliche Vorteil des Thesaurus besteht darin, dass durch die Verwendung von Klartext die Merkmale nicht umständlich verschlüsselt werden müssen [DIN 1463, GRP-87].

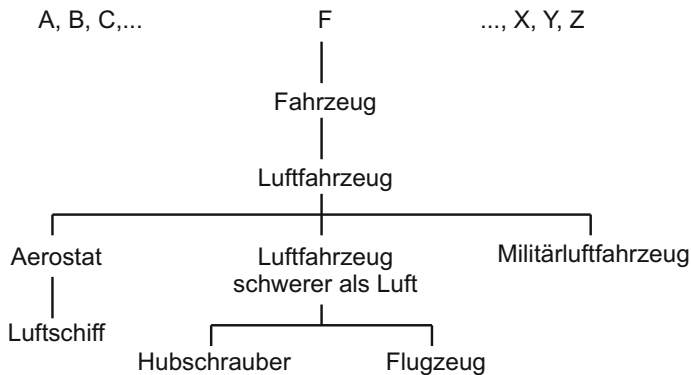


Abb. 5–6 Beispiel eines Thesaurus nach DIN 1463(2)

Hierarchische Ordnungssysteme sind durch eine strenge Hierarchie, z. B. als Bäume oder Netze, gekennzeichnet. Nach der Art der Informationsbereitstellung differenziert man Systeme mit manueller oder automatischer Codierung. Die gebräuchlichste Art der manuellen Codierung sind die Nummernsysteme (vgl. Kap. 5.1). Bei Nummernsystemen sind die Merkmale nach einem festgelegten Schema alphanumerisch codiert. Dies hat den Vorteil einer kurzen überschaubaren Darstellung der Informationen. Nachteilig ist die grobe Aussage der Verschlüsselung als Folge der notwendigen Begrenzung der Stellenzahl der Nummer.

Wie in Kap. 5.1 beschrieben, wird bei einem modernen Nummernsystem von einer Parallelnummer ausgegangen, d. h. von einer klaren Trennung des identifizierenden und klassifizierenden Nummernanteils (Abb. 5–7).

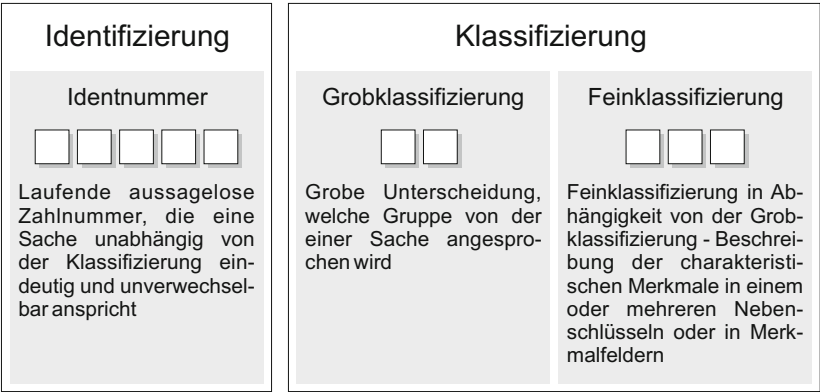


Abb. 5–7 Grundgerüst eines integrierten Sachnummernsystems [GRP–87]

Eine besondere Bedeutung unter den verschiedenen Ordnungssystemen kommt dem System der *Sachmerkmaleleisten* zu. Dieses System basiert darauf, dass Teile in Gruppen größtmöglicher Ähnlichkeit zusammengefasst und die Eigenschaften der so geordneten Teile verschlüsselt oder unverschlüsselt als (Sach-) Merkmale tabellarisch erfasst werden (Abb. 5–8). Damit verbinden Sachmerkmaleleisten die Vorteile der verschiedenen Klassen von Ordnungssystemen. Innerhalb der Sachmerkmaleleisten liegt eine ahierarchische, mengenorientierte Erfassung vor. Die Sachmerkmaleleisten selbst, also die Gruppen, können hierarchisch oder teilhierarchisch geordnet werden.

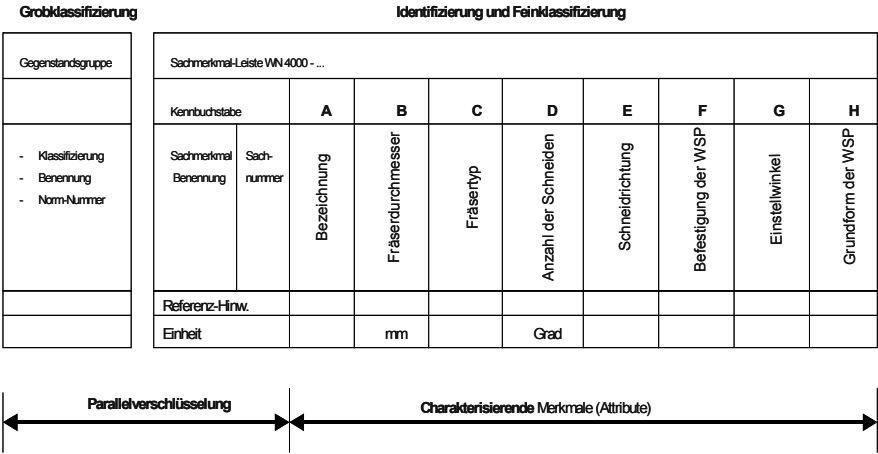


Abb. 5–8 Aufbau von Sachmerkmaleleisten nach DIN 4000

Man definiert eine Sachmerkmalreihe nach DIN 4000 wie folgt:

Eine Sachmerkmalreihe ist die Zusammenstellung und Anordnung der für eine Gegenstandsgruppe relevanten Sachmerkmale (↗ Attribute).

Die Grundlage der Sachmerkmalreihe ist die Einteilung von Teilen in Gruppen derart, dass zwischen deren Mitgliedern Ähnlichkeitsbeziehungen entstehen. Bei einem Klassifizierungssystem werden die signifikanten Merkmale von Objekten erfasst und verglichen. Es hat sich dazu das System der Sachmerkmale nach DIN 4000 bzw. DIN 4001 durchgesetzt, da dieses eine Reihe von Vorteilen aufweist:

- Durch die rein mengenmäßige Erfassung quantifizierbarer Teileigenschaften (funktional, konstruktiv oder fertigungstechnisch orientierte Sachmerkmale) ist es ein allgemeines Klassifizierungssystem.
- Bei Einführung einer Identifizierungsnummer (↗ eindeutige Sachnummer) im Sinne eines „Eindeutigkeits-Sachmerkmals“ weist es die Vorteile der Parallelnummern-Systeme auf.
- Durch die Gliederung des Teilespektrums in Gegenstandsgruppen und Gegenstände mit beschreibenden Sachmerkmalen unterstützt es sowohl Grob- wie Feinklassifizierungen.

Die Abbildbarkeit auf IT-Systeme, insbesondere auf relationale Datenbanken, ist gewährleistet. Charakteristisch für die Anwendung des Systems der Sachmerkmale in der Konstruktion ist die Beschreibung der Teilegruppen auf der Basis

- von Tabellen- bzw. Sortenzeichnungen, die die Gestalt der Teile einer Teilefamilie parametrisieren, d. h. mit variablen Abmessungen darstellen sowie
- von zugehörigen Sachmerkmal-Verzeichnissen zur Klassifizierung und Abmessungsbeschreibung.

Sachmerkmale beschreiben nur eine Teilmenge der möglichen Eigenschaften der Gegenstände einer Gegenstandsgruppe. Die Sachmerkmale selber unterliegen i. d. R. keiner hierarchischen Ordnung. Sie können deshalb beim Suchvorgang in beliebiger Kombination benutzt werden.

Praktische Hinweise zur Klassifizierung

Zu Beginn einer Klassifizierung, hier als Ordnung von technischen Gegenständen (↗ Sachen) zu verstehen, stellt sich die Frage nach der Abgrenzung des Gegenstandsspektrums. Dazu ist zunächst zu klären, was alles zu den Gegenständen bzw. „Sachen“ gehört.

Zur besseren Vorstellung denke man an die Menge aller Gegenstände (Sachen/Artikel), aus der jeweils ein Exemplar jeden Typs zusammengetragen wird. Typen unterscheiden sich dabei durch mindestens ein funktionales, geometrisches oder technologisches Merkmal. Dies äußert sich darin, dass der Ersatz eines Gegenstandes durch einen Gegenstand eines anderen Typs zu Inkompatibilitäten führen würde. Gegenstände sind dabei alle „Sachen“, für die im ERP-System typischerweise ein Stammsatz angelegt wird, d. h. alles was im Unternehmen gefertigt, gekauft, gelagert und verkauft wird. Sachen sind damit Rohstoffe, Halbzeuge, Vorstufen, Einzelteile, Baugruppen, Komponenten, Erzeugnisse, Betriebsmittel und Anlagen. Der in diesem Buch im Folgenden verwendete pragmatische Begriff ist *Artikel*.

Grundsätzlich ist die Klassifizierung aller Gegenstände wünschenswert. Zu beachten ist dabei allerdings, dass mit der Menge der zu klassifizierenden Gegenstände und Gegenstandsgruppen der Aufwand für Erfassung, Klassifizierung, Wertecodierung und Pflege stark ansteigt und möglicherweise dann nicht mehr in Relation zu dem erreichbaren Nutzen steht.

Hat man sich für die zu klassifizierende Menge entschieden, so beginnt die eigentliche Gruppen- bzw. Teilefamilienbildung. Dazu haben sich folgende Grundsätze ergeben:

- *Funktionale Klassifizierung*: Das Grundprinzip der vorgeschlagenen Sachordnung basiert darauf, dass die Funktion der Gegenstände klassifiziert wird. Der Vorteil dieses Ansatzes besteht in seiner Anwenderfreundlichkeit, da die gewählten Begriffe leicht interpretierbar sind und zudem häufig bestimmten organisatorischen Einheiten des Betriebs zugeordnet werden können. Weiterhin wird damit im Allgemeinen die Strukturtiefe gegenüber der geometrischen Klassifizierung reduziert. Nachteilig ist, dass vielen Gegenstände keine eindeutige Funktion zugewiesen werden kann und somit in den verschiedenen Funktionsklassen gleichartige Geometrien auftreten, die folglich doppelt klassifiziert werden. Als Alternative zur funktionalen Klassifizierung bietet sich die form- bzw. fertigungsorientierte Klassifizierung an.
- *Formorientierte (geometrische) Klassifizierung*: Diese Art der Klassifizierung basiert auf der Gestalt bzw. den Fertigungsverfahren der Gegenstände als Einteilungskriterium. Die Vielfalt der Geometrien führt zu einem sehr abstrakten »Formenschlüssel«. Damit wird die Klassifizierung sehr allgemein und verfügt über eine hohe Auflösung. Die schlechte Anwenderfreundlichkeit führt jedoch zu einer geringen Akzeptanz, besonders für solche Unternehmensbereiche, die naturgemäß eine funktionale Betrachtungsweise auf die Gegenstände haben (z. B. Verkauf, Produktmanagement, Einkauf, Angebotswesen).

- *Fertigungsorientierte Klassifizierung*: Die Klassifizierungsart definiert Gruppen auf der Basis gleicher Fertigungsarten. Typischerweise wird dieses Verfahren in den der Produktion direkt vorgelagerten Organisationseinheiten angewandt.

Die Klassifizierung kann grundsätzlich auf ein Nummernsystem (vgl. Kap. 5.1) und/oder vorzugsweise auf die Benennung abgebildet werden. Mit einem hierarchischen Bennennungscode, z. B. Ansatzschraube, exzentrisch, kann auf die klassifizierende Nummer verzichtet werden. Natürlich sind auch bei der Klassifizierung über die Benennungen klare funktionale Abgrenzungen notwendig. Man denke z. B. an ein zylindrisches Teil, das je nach geometrischen Abmessungen (Längen-/Durchmesserverhältnis) als Membran, Platte, Rolle, Achse, Nadel und Draht bezeichnet werden kann.

Ist der Klassifizierungstyp entschieden, z. B. funktionsorientierte Klassifizierung mit hierarchischer Gliederung (⚡ Verbindungselemente → Schrauben → Innensechskantschraube) ergibt sich auf der unteren Ebene der Struktur typischerweise die Teilefamilie (⚡ Innensechskantschraube). Zu dieser Teilfamilie werden anschließend die beschreibenden geometrischen und technologischen Sachmerkmale bzw. Attribute festgelegt, z. B. Länge, Schaftdurchmesser, Schlüsselweite, Werkstoff und Oberfläche. Eine Sachmerkmaleiste kann für alle Gegenstandsgruppen verschieden lang sein und beinhaltet pro Gruppe andere Merkmale.

Dieser Vorgang wird nur bei betriebsspezifischen Klassifizierungen vollständig durchgeführt. Eine Vielzahl von Zukauf- und Normteilen ist über Normen und lieferantenspezifische Kataloge abgedeckt.

Abbildung 5–9 fasst die Funktion des Nummernsystems mit seinem identifizierenden und klassifizierenden Anteil noch einmal zusammen. Insbesondere wird auf den engen Zusammenhang zwischen Klassifizierung, Benennung, Gegenstandsgruppe und Sachmerkmaleiste hingewiesen. Ziel des Anwenders ist es auf den Artikelstamm eindeutig zuzugreifen. Dabei besitzt er folgende Möglichkeiten:

- Direkter Zugriff über Identifizierung (⚡ Sachnummer)
Voraussetzung: Sachnummer ist bekannt.
- Indirekter Zugriff über Menge ähnlicher Teile (⚡ Teilefamilie)
 - Zugriff über Grob- und Feinklassifizierung,
 - Zugriff nur über Grobklassifizierung,
 - Zugriff über Grobklassifizierung und eindeutige Benennung,
 - Zugriff nur über Benennung, z. B. über Matchcode oder Fulltextretrieval sowie
 - Zugriff direkt über Gegenstandsgruppen (wenn nicht eindeutig aus Klassifizierung ableitbar oder nicht identisch mit Benennung).

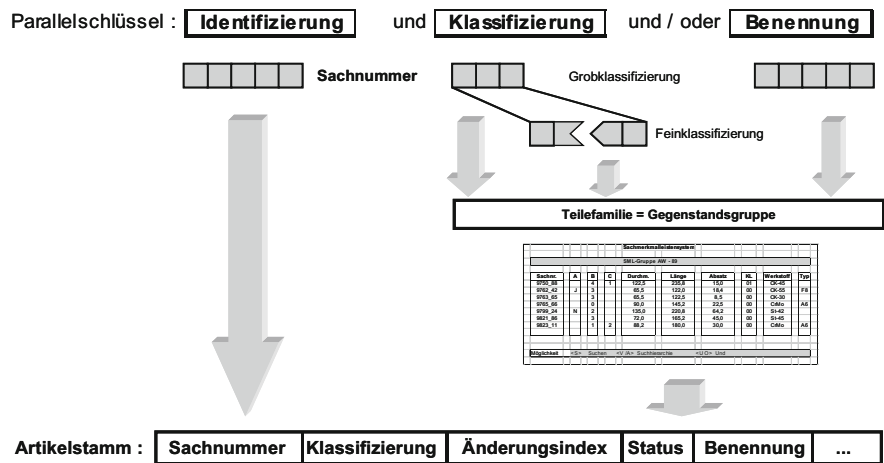


Abb. 5–9 Zugriffsmöglichkeiten auf den Artikelstamm

Anforderungen an die Definition von Merkmalen werden in [SAN–03] beschrieben und Anwendungsszenarien im Kontext zu PLM werden in [SAN–02] dargestellt.

5.3 Produktstrukturen

Dieses Kapitel beschreibt die methodischen Voraussetzungen zur Festlegung der Produktstrukturen sowie die Abgrenzung zwischen den Funktionen einer ERP- und einer PLM-Lösung.

Grundsätzlich werden bezüglich der Beschreibung der Produktstruktur bei ERP- und PLM-Lösungen dieselben Methoden angewandt. Allerdings sind die Produktstrukturen innerhalb der PLM-Lösung im Wesentlichen aus der Sicht der frühen Phasen der Produktentstehung definiert.

Abbildung 5–10 zeigt die typischen Ausprägungen von Produktstrukturen während des Produktentstehungsprozesses.

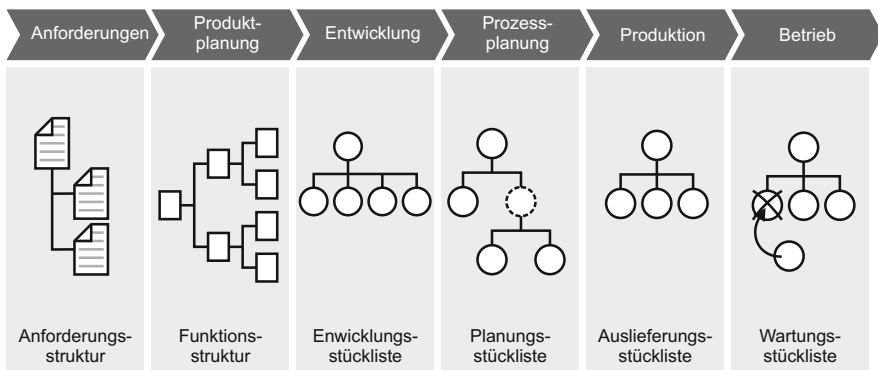


Abb. 5–10 Phasenabhängige Ausprägung von Produktstrukturen

In der Industrie und in der Forschung wird an Integrationsstrategien gearbeitet, wie über eine Verknüpfung der Anforderungsstruktur über die Funktionsstruktur eine Verfolgung der Abhängigkeiten insbesondere bei Änderungen möglich ist (Abb. 5–11). Diese Forderung resultiert insbesondere aus der zunehmenden Komplexität variantenreicher mechatronischer Produkte.

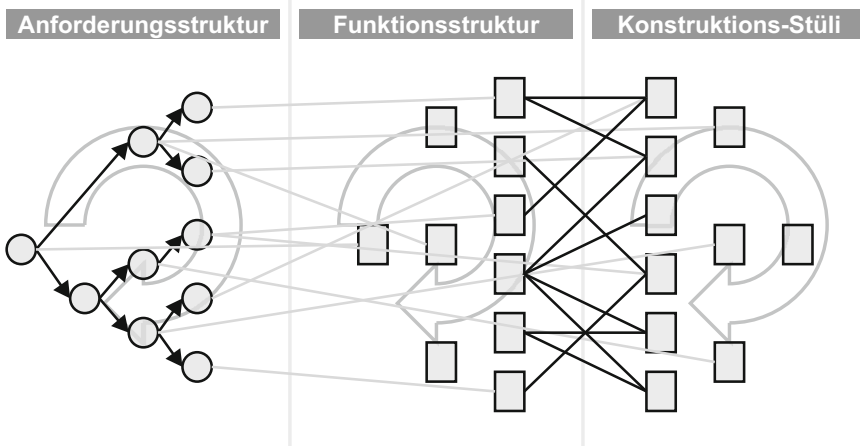


Abb. 5–11 Verknüpfung der Anforderungs- und Funktionsstruktur mit der Entwicklungsstückliste

Heute wird die Anforderungsstruktur in typischen RTM-Systemen (Requirements Traceability Management) verwaltet, ohne an die Entwicklungsstückliste angebunden zu sein. Bei Änderungen der Anforderungen bzw. der Entwicklungsstückliste wird die gegenseitige Beeinflussung nicht transparent. Es wird auch nicht davon ausgegangen, dass eine direkte Verknüpfung der beiden Strukturen möglich ist. Eine Lösung könnte die Integration über die Funktionsstruktur sein [WZE–05]. Mechatronische Funktionsstrukturen und ihre In-

Die wichtigsten Stammdaten sind die Artikelstammdaten. Abbildung 5–14 stellt den Gesamtüberblick wiederum aus der PLM-Sicht dar.

Identifikationsdaten	Ordnungsdaten	Konstruktionsdaten	Dispositionsdaten	Bedarfsdaten
• Sachnummer • Zeichnungsnummer • Sonstige Unterlagennummern	• Technische Klassifikation • ABC- Klassifikation • Normierte Benennung • Teileart • Statusdaten	• Funktion • Norm • Abmessungen • Werkstoff • Gewicht • Physikalische Eigenschaften	• Beschaffungsart • Dispositionsart • Dispositionsstufe • Ersatzteileart	• Bedarfsart • Akkumulierter • Akkumulierter gedeckter Bedarf
Bestandsdaten	Absatzdaten	Beschaffungsdaten	Produktionsdaten	Kalkulationsdaten
• Akkumulierte Bestände • Akkumulierte reservierte Bestände • Mindestbestand	• Verkaufspreis • Rabatte • Bonuskonditionen • Mindestverkaufsmenge • Verpackungsmengen	• Einstandspreise • Wiederbeschaffungsfrist • Bestellmengengrenzen	• Vorlaufzeiten • Durchlaufzeiten • Verfahrensvarianten • Teilefamilienkennung	• Materialkosten • Lohnkosten • Maschinenkosten • Auftragswiederholkosten • Lagerkostensatz

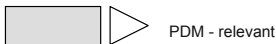


Abb. 5–14 Artikelstammdaten [ERP–87]

Parallel zu den Stammdaten sind die wichtigsten Strukturdaten die verschiedenen Formen der Produktstruktur. Eine Stückliste ist die Darstellung aller Komponenten, Systeme, Baugruppen, Einzelteile, Halbzeuge und Werkstoffe, die in ein Erzeugnis eingehen. Informationstechnisch sind Stücklisten spezielle Darstellungsformen hierarchischer Strukturen. Aufgrund mangelnder grafischer Darstellungswerkzeuge wurde die Produktstruktur grundsätzlich in Form von Listen gezeigt. Die graphische Abbildung einer Produktstruktur setzt sich parallel mit dem Einsatz von grafischen Userinterfaces und dem Einsatz von Browsern durch und verdrängt die Listendarstellung (vgl. Abb. 3–1).

Der *Gozinto-Graph* (the part that goes into it) ist die Urform der grafischen Darstellung von Produktstrukturen (Abb. 5–15).

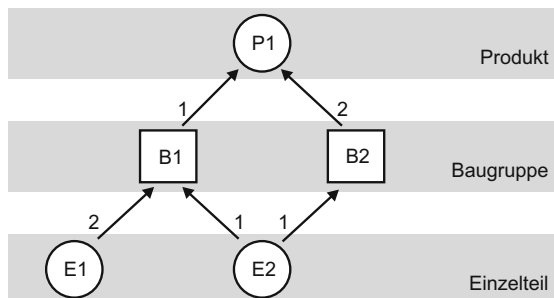


Abb. 5–15 Gozinto-Graph [ERP–87]

Der Graph stellt die Beziehung und die Menge dar. In der einfachsten Form der Stückliste, die z. B. für mechanische Produkte verwendet wird, enthält die

Beziehung nur die Menge, mit der die untergeordnete Komponente in die übergeordnete eingeht, und die dazugehörige Mengeneinheit (z. B. Stück, Meter, Kg,...). Im Anlagenbau, in der Elektrik und Elektronik wird diese Information ergänzt um den Einbauort. Dieser beschreibt, an welcher Stelle der Anlage/Platine die Komponente eingebaut ist.

Beim Durchlauf einer Produktstruktur „von oben nach unten“, d. h. vom Erzeugnis bis zu den Einzelteilen und ihren Ausgangsmaterialien abwärts, entsteht die Stückliste. Fragt man umgekehrt, in welchem Erzeugnis ein bestimmtes Teil oder eine bestimmte Baugruppe vorhanden ist, entsteht der Verwendungsnachweis.

- Die *Stückliste* zeigt für eine vorgegebene Sache alle untergeordneten Sachen, also alle Baugruppen und Einzelteile.
- Der *Teileverwendungsnachweis* liefert die Information, in welchen übergeordneten Baugruppen eine bestimmte Sache verwendet wird.

Die Ableitung von Stücklisten und Teileverwendungsnachweisen aus den Stamm- und den Struktursätzen ist Aufgabe eines Stücklistenprozessors. Für die Vorbereitung der Fertigungsaufträge, die Kalkulation und die Planung der zu beschaffenden Teile ist es unerlässlich, die Zusammensetzung der Endprodukte zu kennen und in einem Stücklistensystem verfügbar zu haben.

Verschiedene Erscheinungsformen von Stücklisten sind in Abb. 5–16 zu sehen. In [SCL–02] finden sich weitere Ausführungen zur Thematik „Stücklisten“.

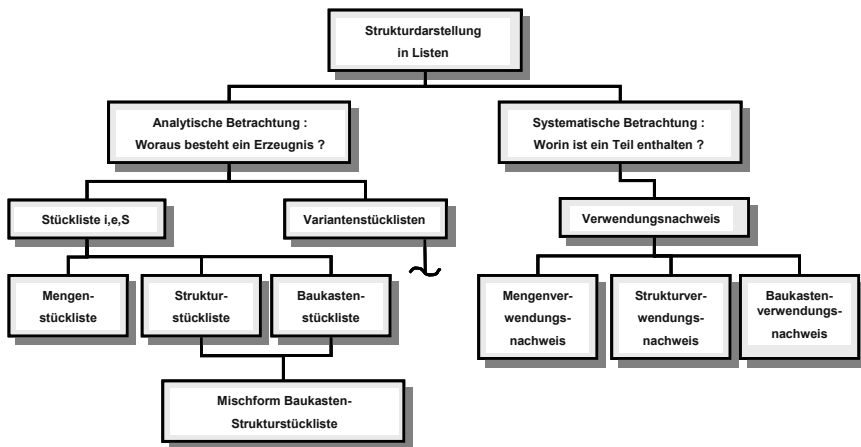


Abb. 5–16 Ableitung von Stücklisten [ERP–87]

Die Stückliste kann sich auf die mengenmäßige Zusammensetzung von Produkten beziehen (↪ Mengenstückliste), sie kann aber auch den strukturellen Aufbau eines Erzeugnisses wiedergeben (↪ Strukturstückliste).

Die Basisstückliste für IT-Anwendungen ist die zweistufige Baukastenstückliste. Sie enthält immer einen Knoten der Produktstruktur mit den Komponenten der hierarchisch niedrigeren Strukturebene. Aus diesem Grundkonstrukt lassen sich alle anderen Stücklistenformen ableiten.

Die Mengenstückliste ist eine unstrukturierte Darstellungsform, die lediglich die Mengen untergeordneter Elemente auflistet. In ihr werden alle Teile mit ihren Gesamtmengen aufgelistet, die in die betrachtete Sache eingehen.

Die Baukastenstückliste zeigt nur die direkt untergeordneten Elemente mit ihren Mengen. Das bedeutet, dass die untergeordneten Baugruppen einer Baukastenstückliste für ein Endprodukt wieder in mehrere Stücklisten zerfallen können, wenn das Endprodukt in mehreren Produktionsstufen gefertigt wird.

Eine Strukturstückliste vereinigt die beiden anderen Stücklistenformen. Hier sind sowohl die Mengen aller Komponenten eines Produkts sichtbar als auch die gesamte hierarchische Struktur der Komponenten über alle.

Zur Erläuterung der Stücklistenformen werden in Abb. 5–17 die verschiedenen Stücklisten auf der Basis des einfachen Beispiels aus Abb. 5–15 abgeleitet.

<table> <tr><th colspan="2">Mengenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">P1</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>B1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B2</td><td>2</td></tr> <tr><td>E1</td><td>2</td></tr> <tr><td>E2</td><td>3</td></tr> </table>	Mengenstückliste		P1		Teil	Menge	B1	1	B2	2	E1	2	E2	3	<table> <tr><th colspan="2">Baukastenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">P1</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>B1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B2</td><td>2</td></tr> </table>	Baukastenstückliste		P1		Teil	Menge	B1	1	B2	2		
Mengenstückliste																											
P1																											
Teil	Menge																										
B1	1																										
B2	2																										
E1	2																										
E2	3																										
Baukastenstückliste																											
P1																											
Teil	Menge																										
B1	1																										
B2	2																										
<table> <tr><th colspan="2">Strukturstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">P1</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>B1</td><td>1</td></tr> <tr><td> E1</td><td>2</td></tr> <tr><td> E2</td><td>1</td></tr> <tr><td>B2</td><td>2</td></tr> <tr><td> E2</td><td>1</td></tr> </table>	Strukturstückliste		P1		Teil	Menge	B1	1	E1	2	E2	1	B2	2	E2	1	<table> <tr><th colspan="2">Baukastenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">B1</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>E1</td><td>2</td></tr> <tr><td>E2</td><td>1</td></tr> </table>	Baukastenstückliste		B1		Teil	Menge	E1	2	E2	1
Strukturstückliste																											
P1																											
Teil	Menge																										
B1	1																										
E1	2																										
E2	1																										
B2	2																										
E2	1																										
Baukastenstückliste																											
B1																											
Teil	Menge																										
E1	2																										
E2	1																										
	<table> <tr><th colspan="2">Baukastenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">B2</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>E2</td><td>1</td></tr> </table>	Baukastenstückliste		B2		Teil	Menge	E2	1																		
Baukastenstückliste																											
B2																											
Teil	Menge																										
E2	1																										

Abb. 5–17 Abgeleitete Stücklistenbeispiele

Produktvarianten

Produkte bestehen häufig auf der Teile- und Baugruppenebene aus mehreren Varianten. Die Verwaltung dieser Varianten ist für die Disposition von erheblicher Bedeutung, da die Anzahl möglicher Produktausprägungen sehr hoch sein kann. Abbildung 5–18 zeigt diverse Produkte, denen allen gemeinsam ist, dass sie in einer Vielzahl von Varianten angeboten werden:



Abb. 5–18 Beispiele Variantenreicher Produkte [ZAG–06]

Zwei Arten von Varianten sind zu unterscheiden [ZAG–06]:

- *Geschlossene Konfiguration*

Bei der geschlossenen Konfiguration steht dem Kunden nur die Auswahl vorgegebener Optionen (z. B. Farbe, Netzspannung) zur Verfügung. Es besteht für den Kunden keine Möglichkeit jenseits dieser vorgegebenen Logik Einfluss auf die Individualisierung des Produkts zu nehmen. Die Anzahl möglicher Konfigurationen kann zwar sehr hoch sein, dennoch sind bei einer geschlossenen Konfiguration alle denkbaren Produktvarianten im Vorfeld (d. h. bevor die erste Konfiguration erfolgt) prinzipiell bekannt. Beispiele für solche Produkte sind Laptops oder (in den entsprechenden Märkten wie Europa) PKWs.
- *Offene Konfiguration*

Bei der offenen Konfiguration kann der Kunde im Rahmen bestimmter Regeln sein Produkt frei konfigurieren. Für bestimmte Entscheidungen stehen ihm hierbei vorgegebene Optionen (z. B. Farbe, Material) zur Verfügung, daneben können aber auch freie Eingaben/Vorgaben getätigt werden (z. B. bestimmte Abmessungen). Bei Produkten, die nach dem Baukastenprinzip aufgebaut sind („Baukasten“ ist aus Sicht des Kunden zu verstehen, d. h. Auswahl und Zusammenstellen einzelner Elemente aus einem Baukasten), ist ein weiterer Freiheitsgrad gegeben, der es erlaubt,

individuelle Produktvarianten praktisch beliebig zusammenzustellen. Die Anzahl möglicher Konfigurationen ist prinzipiell nicht beschränkt, d. h. es können Produktvarianten entstehen, die zuvor nicht bedacht wurden.

In der Literatur wird für die Problematik, Produktvarianten strukturell darzustellen, der Begriff Variantenstückliste verwendet. Variantenstücklisten besitzen eine sehr große Bedeutung innerhalb der Produktkonstruktion. Die Definition nach DIN 199 lautet:

Die Variantenstückliste ist eine Zusammenfassung mehrerer Stücklisten auf einem Vordruck, um verschiedene Gegenstände mit einem i. d. R. hohen Anteil identischer Bestandteile gemeinsam aufführen zu können.

Die Komplexität und Vielfältigkeit moderner Produkte nimmt permanent zu. Nur wenn es gelingt diesem Trend durch geeignete Produktentwicklungs- und Produktionsmethoden zu begegnen, können die Gesamtkosten unter Kontrolle gehalten werden. Geeignete Produktstrukturierung und -gestaltung sowie darauf aufbauende Fertigungs-, Montage- und Beschaffungsprozesse sind die Voraussetzungen. Auf der Produktseite kann durch systematischen Aufbau einer variablen Produktstruktur durch Baureihen und Baukästen sowie Maßnahmen zur Komponentenwiederverwendung ein wesentlicher Beitrag geleistet werden. Variantenbaukästen sind eine in der deutschen Industrie seit langem bekannte Arbeitstechnik. Ihre Bedeutung für die Kostenstruktur eines Unternehmens hat sich unter den genannten Randbedingungen noch verstärkt. Die in der Automobilindustrie propagierten Plattformkonzepte sind ein Ausdruck dieser Arbeitstechnik.

Zur Erläuterung dieser Arbeitstechnik wurde in Anlehnung an Abb. 5–15 eine einfache Variantenstruktur (Produkttyp P mit den Varianten P1, P2 und P3) gebildet, die für die folgenden Beispiele als Grundlage dient (Abb. 5–19).

Baukastenstücklisten Produkttyp P

<table border="1"> <tr><th colspan="2">Mengenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">P1</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>B1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B2</td><td>2</td></tr> <tr><td>E1</td><td>1</td></tr> </table>		Mengenstückliste		P1		Teil	Menge	B1	1	B2	2	E1	1								
Mengenstückliste																					
P1																					
Teil	Menge																				
B1	1																				
B2	2																				
E1	1																				
<table border="1"> <tr><th colspan="2">Mengenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">P2</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>B1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B3</td><td>1</td></tr> <tr><td>E1</td><td>1</td></tr> <tr><td>E6</td><td>1</td></tr> </table>		Mengenstückliste		P2		Teil	Menge	B1	1	B3	1	E1	1	E6	1						
Mengenstückliste																					
P2																					
Teil	Menge																				
B1	1																				
B3	1																				
E1	1																				
E6	1																				
<table border="1"> <tr><th colspan="2">Mengenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">P3</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>B1</td><td>1</td></tr> <tr><td>B4</td><td>2</td></tr> </table>		Mengenstückliste		P3		Teil	Menge	B1	1	B4	2										
Mengenstückliste																					
P3																					
Teil	Menge																				
B1	1																				
B4	2																				
<table border="1"> <tr><th colspan="2">Baukastenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">B1</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>E1</td><td>2</td></tr> <tr><td>E2</td><td>1</td></tr> </table>	Baukastenstückliste		B1		Teil	Menge	E1	2	E2	1	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Baukastenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">B2</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>E2</td><td>1</td></tr> </table>	Baukastenstückliste		B2		Teil	Menge	E2	1		
Baukastenstückliste																					
B1																					
Teil	Menge																				
E1	2																				
E2	1																				
Baukastenstückliste																					
B2																					
Teil	Menge																				
E2	1																				
<table border="1"> <tr><th colspan="2">Baukastenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">B3</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>E2</td><td>1</td></tr> <tr><td>E3</td><td>1</td></tr> </table>	Baukastenstückliste		B3		Teil	Menge	E2	1	E3	1	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Baukastenstückliste</th></tr> <tr><th colspan="2">B4</th></tr> <tr><th>Teil</th><th>Menge</th></tr> <tr><td>E2</td><td>1</td></tr> <tr><td>E4</td><td>2</td></tr> </table>	Baukastenstückliste		B4		Teil	Menge	E2	1	E4	2
Baukastenstückliste																					
B3																					
Teil	Menge																				
E2	1																				
E3	1																				
Baukastenstückliste																					
B4																					
Teil	Menge																				
E2	1																				
E4	2																				

Abb. 5–19 Beispiel einer Variantenstruktur des Produkttyps „P“

Die „echte“ Verwaltung von Varianten (☞ jede Variantenausprägung erhält eine eigene Sachnummer) kann auf verschiedene Arten erfolgen:

Vollständige explizite Auflösung aller Varianten: Jede Variante wird als eigenständige Struktur mit den entsprechenden Stammsätzen geführt. Diese Form ist sehr aufwendig, da der größte Teil einer Stückliste mehrfach abgelegt wird (Abb. 5–20). Diese Form wird wegen der hohen Redundanz praktisch nicht mehr verwendet.

Teil	Menge
B1	1
E1	2
E2	1
B2	2
E2	1
E1	1

Teil	Menge
B1	1
E1	2
E2	1
B3	1
E2	1
E3	1
E1	1
E6	1

Teil	Menge
B1	1
E1	2
E2	1
B4	2
E2	1
E4	2

Abb. 5–20 Vollständige Auflösung aller Varianten

Gleichteilstückliste: Dabei wird für Artikel, die in alle Varianten eingehen, eine fiktive Gleichteilbaugruppe mit entsprechendem Stammsatz gebildet. Jede Variante besteht dann aus der Gleichteilbaugruppe und zusätzlichen Baugruppen und/oder Einzelteilen (Abb. 5–21). Ein Nachteil ist, dass die fiktive Gleichteilebaugruppe keinen Bezug zur Fertigung und Montage besitzt.

GT1	
Teil	Menge
B1	1
E1	1

Teil	Menge
GT1	1
B2	2

Teil	Menge
GT1	1
B2	1

Teil	Menge
GT1	1
B2	2
B3	1

Abb. 5–21 Prinzip der Gleichteilstückliste

Plus-Minus-Stückliste: Für jede Komponente, die in eine Variante eingehen kann, wird im Struktursatz mit einem Plus (+) bzw. Minus (-) die Zugehörig-

keit gekennzeichnet. Abbildung 5–22 zeigt deutlich die einfache und nicht redundante Darstellung.

Plus-Minus-Stückliste				
Erzeugnistyp P				
	Gleichteile	P1	P2	P3
B1	1			
B2		2		
B3			1	
B4				2
E1	1			-1
E6			1	

Abb. 5–22 Prinzip der Plus-Minus-Stückliste

Unter *Matrixstückliste* wird keine eigenständige Verwaltungsform einer Stückliste verstanden sondern die Darstellung aller Produktvarianten in parallelen Spalten. Hierdurch ergibt sich eine Matrix, ähnlich der Plus-Minus-Stückliste. Analog zur Plus-Minus-Stückliste wird die Produktstruktur als (ein- oder mehrstufige) Strukturstückliste oder (flache) Mengenübersichtsstückliste dargestellt, bestehend aus allen Baugruppen bzw. Einzelteilen, die in mindestens einer der Produktvarianten vorkommen.

Die bei der Plus-Minus-Stückliste definierte Grundvariante entfällt bei der Matrixstückliste. Bei jeder Produktvariante werden die Mengenangaben für alle dargestellten Baugruppen und Einzelteile separat aufgeführt. Bei diesem Ansatz treten nur positive Mengenangaben auf, und es ist keine Addition von Mengenangaben für die Grundvariante und eine spezifische Produktvariante (wie bei der Plus-Minus-Stückliste) erforderlich.

Alle bisher vorgestellten Ausprägungen von Variantenstrukturen basieren auf manuellen bzw. einfachen IT-Lösungen der 70- und 80-er Jahre. Moderne IT-Lösungen ermöglichen es jedoch einfachere Variantenstrukturen abzubilden. Im Folgenden werden die methodischen Voraussetzungen eines IT-geeigneten Variantenstrukturmodells vorgestellt.

Regelbasierte Variantenstückliste [ZAG–06]: Anstelle der expliziten Definition aller Produktvarianten wird bei dieser Form der Stücklisten nur eine einzelne Stückliste verwaltet. In dieser sind alle Baugruppen bzw. Einzelteile enthalten, aus denen alle denkbaren Produktvarianten abgeleitet werden. Im Unterschied zur Gleichteilestückliste bzw. der Plus-Minus-Stückliste werden aber keine festen Zuordnungen zu den jeweiligen Produktvarianten vorgenommen. Stattdessen wird definiert, welche Baugruppen bzw. Einzelteile

- unveränderlich sind (d. h. in allen Produktvarianten zwingend vorkommen),
- optional sind,

- Varianten sind (d. h. genau eine Baugruppe/Einzelteil aus einer vorgegebenen Menge wird in jede Produktvariante übernommen).

Diese grundlegenden Konzepte können bei manchen Variantenstücklisten kombiniert werden (z. B. „optionale Varianten“, „muss Varianten“). Zudem kann die Mengenangabe gegebenenfalls variantenspezifisch bestimmt werden.

Die Auswahl der benötigten Baugruppen/Einzelteile und die Ermittlung der Mengenangabe für eine bestimmte Produktvariante wird durch eine Konfigurationslogik vorgenommen. Diese kann beispielsweise in Form von Makroprogrammen, Werte- und Auswahltabellen, Berechnungsformeln, Constraint Solvern oder einer Kombination dieser Elemente vorliegen. Die konkreten Ansätze unterscheiden sich zwischen den Anbietern der Variantenstücklisten-Systeme, aber allen ist gemeinsam, dass die Konfigurationslogiken in ihrer Aussage Regeln wiedergeben.

Anstelle der eindeutigen Identifikation einzelner Produktvarianten (anhand einer „Sachnummer“ bzw. „Artikelnummer“) wird eine fiktive Identifikation der Variantenstückliste verwendet. Diese muss für eine individuelle Produktvariante entsprechend ergänzt werden, z. B. durch eine Variantenummer, die Auftragsnummer oder ein Sachmerkmal bzw. die Kombination mehrerer Sachmerkmale [EIG-91].

Die Ableitung einer konkreten Produktvariante auf Basis einer regelbasierten Variantenstückliste erfolgt durch Auswertung der Konfigurationslogik anhand auftragsspezifischer Angaben. Diese Angaben entsprechen letztendlich den individuellen Anforderungen des Kunden, übersetzt in eine „Sprache“, die von der Konfigurationslogik verarbeitet werden kann. Üblicherweise sind dies Charakteristika des gewünschten Produkts, z. B. Farbe oder Leistung, oder Angaben zum geplanten Einsatzbereich, z. B. klimatische Bedingungen. Bei wissensbasierten Systemen können gegebenenfalls auch Vorstellungen des Kunden wie „modisch“ oder „elegant“ als Eingabe verarbeitet werden.

Die auftragsspezifischen Angaben definieren somit die Konfiguration einer Produktvariante. Daher wird im Weiteren der Begriff „Spezifikation“ für konkrete Ausprägungen wie ‚Schwarz‘ oder ‚Grau‘ verwendet. Zusammengehörende Spezifikationen sind in einer „Spezifikationskategorie“ enthalten, z. B. ‚Farbe innen‘ (Abbildung 5-23).

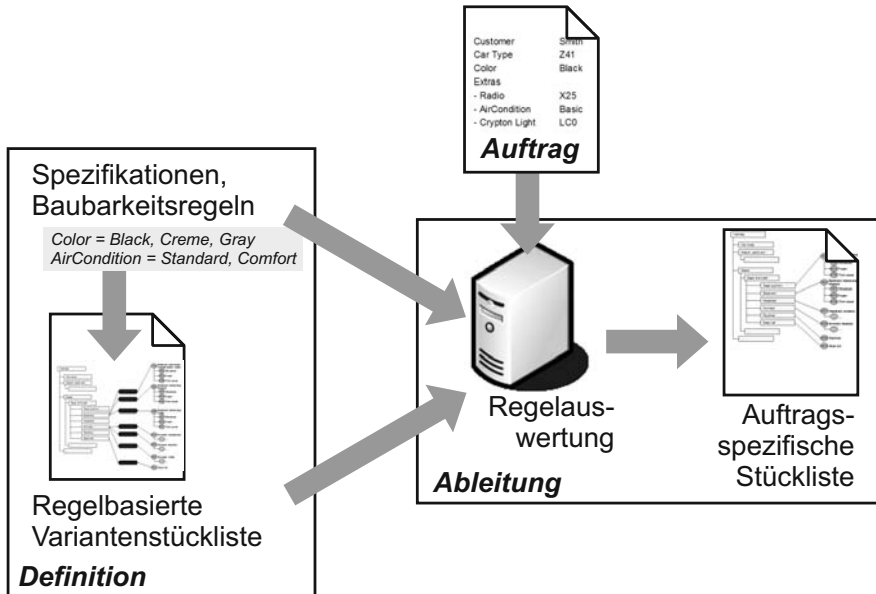


Abb. 5–23 Ableitung einer auftragsspezifischen Stückliste [ZAG–06]

Im Rahmen der Stücklistenableitung wird eine auftragsspezifische Stückliste generiert. Je nach Implementierungsansatz wird die auftragsspezifisch konfigurierte Stückliste abgespeichert oder bei einer späteren Anzeige erneut ermittelt. Vor- und Nachteile dieser beiden Vorgehensweisen ergeben sich bezüglich des zu verwaltenden Datenvolumens, des Aufwands zur Anzeige und der Konsistenzwahrung bei Änderungen der Konfigurationslogik auf der einen Seite bzw. auftragsspezifischen Stücklisten auf der anderen Seite. Mit beiden Vorgehensweisen können sowohl Produkte mit geringer Varianz, als auch individuell konfigurierte Produkte mit „geschlossener Konfiguration“ gut abgebildet werden.

Sollen Änderungen an einer konkreten Produktvariante möglich sein (z. B. um Kundenwünsche zu befriedigen, die vom Standardportfolio abweichen), so bietet die Abspeicherung der auftragsspezifischen Stückliste eine bessere Ausgangsbasis. Dasselbe gilt für individuell konfigurierte Produkte mit „offener Konfiguration“, da hier ebenfalls eine nachträgliche Modifikation erforderlich sein sollte.

An einem Beispiel aus der Automobilindustrie soll das Variantenkonzept verdeutlicht werden. Für die beispielhafte Bestimmung der Variantenvielfalt wird der linke Vordersitz eines PKWs betrachtet. Die einflussnehmenden Kategorien mit ihren jeweiligen Spezifikationen sind in Abbildung 5–24 dargestellt.

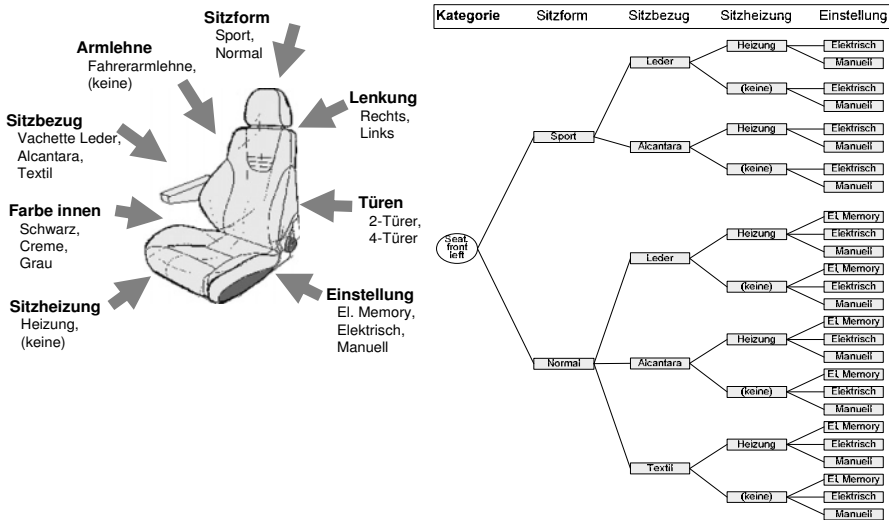


Abb. 5–24 Einflussparameter auf die Variantenstruktur [ZAG–06]

Aufbauend auf dem STEP Applikationsprotokoll 214 werden die Objekte beschrieben, die den Kern für das übergreifende Konzept zur Strukturierung variantenreicher Produkte bilden:

- Produktfamilien und Typen sind die Grundlagen für ein Produktportfolio und bilden den logischen Einstieg in eine Produktstruktur, z. B. BMW 3er Serie mit den Typen, Limousine, Coupe, Cabriolet und Kombi.
- Produktkomponenten und Produktstrukturelemente legen die Referenzstruktur eines variantenreichen Produkts fest (☞ generische Produktstruktur). Auf dieser Ebene werden die Komponenten generisch erfasst, z. B. auf der obersten Ebene Powertrain, Interior, Exterior, Motor, Karosserie. So ist auf einer tieferen Ebene der Eintrag Sitz nicht konkret auf einen einzelnen mit einer Sachnummer belegten Sitz bezogen, sondern auf die Menge aller Sitze, die gemäß Spezifikationsregel verbaut werden können.
- Positionsvarianten bilden die unterschiedlichen Lösungen für Baugruppen und Einzelteile innerhalb der Konfigurationsebene ab. Die Ermittlung der passenden Positionsvariante erfolgt durch Auswertung von Spezifikationsregeln, die durch einen Code definiert sind, z. B. Sportsitz, Komfortsitz mit oder ohne Memory mit Alcantara, Stoff oder Leder.
- Einzelteile und Baugruppen werden über das Objekt „Artikel“ abgebildet, welches die realen, d.h. alle variantenfreien alternativen Teile und Baugruppen der Variantenlösung darstellt. Auf

dieser Ebene existieren reale benummerte Artikelstämme und Baugruppenstücklisten

Abbildung 5–25 zeigt ein Beispiel für die Elemente einer regelbasierten Variantenstückliste.

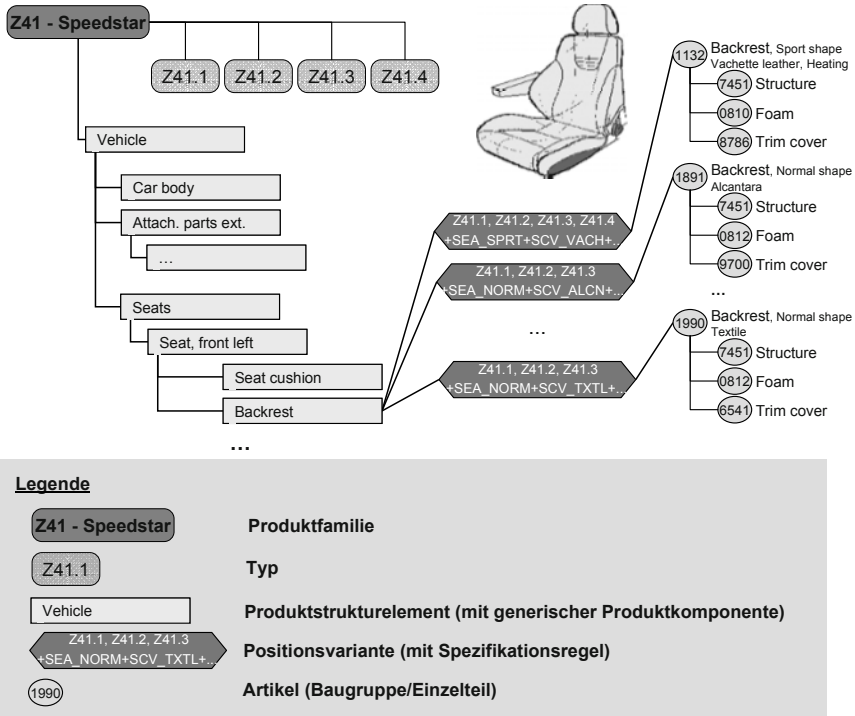


Abb. 5–25 Beispiel einer regelbasierten Variantenstückliste [ZAG–06]

Verschiedene Stücklistensichten

In den Phasen der Produktentstehung wird die Produktstruktur aus verschiedenen Sichten und mit der Zielrichtung, verschiedene Informationen abzuleiten, interpretiert. Im täglichen Sprachgebrauch wird unterschieden zwischen Konstruktionsstücklisten und einer Vielzahl anderer Stücklisten, die im Folgenden unter dem Begriff *Arbeitsstücklisten* zusammengefasst werden. Dazu gehören z. B. die

- Fertigungsstücklisten,
- Dispositionsstücklisten,
- Montagesstücklisten,

- Terministücklisten,
- Kalkulationsstücklisten,
- Lagerstücklisten und die
- Einkaufstücklisten.

Auf den Einsatz einer PLM-Lösung bezogen ist vor allem die Unterscheidung zwischen Konstruktions- und Fertigungsstücklisten interessant. In der Literatur werden folgende Unterschiede genannt:

- *Auftragsabhängigkeit*: Die Konstruktionsstückliste ist i. d. R. auftragsneutral, während die Fertigungsstückliste einen auftragsabhängigen Charakter besitzt [DIN 6789].
- *Strukturunterschiede*: Bei der Konstruktionsstückliste wird die Produktgliederung rein aus funktionaler Sicht gesehen, z. B. mechanische, elektrische und pneumatische Komponenten, während die Fertigungsstückliste von den Fertigungs- und Montagezuständen abhängt [WET-67].
- *Informationsmenge*: Die beiden Stücklistenarten werden durch die Menge der zu beschreibenden Daten bei gleicher Struktur und Identifikation der Produkte unterschieden [BER-68, AWF-68].
- *Änderungszustand*: Konstruktionsstücklisten entsprechen vor allem bei manueller Führung i. d. R. nicht dem Änderungszustand der aktiven Fertigungsstückliste. Vermehrt setzt sich aber auch bei dieser Stücklistenform eine vereinfachte Art der Änderungsstandsverwaltung durch.

Wenn es das Produktspektrum erlaubt, sollten beide Stücklisten im Grundaufbau identisch sein. Nur so ist eine fertigungs- und montagegerechte Konstruktion möglich.

5.4 Dokumentenverwaltung

Nach DIN 199 umfassen technische Dokumentationen sowohl direkt oder mit optischen Hilfsmitteln lesbare Unterlagen als auch solche Dokumente, die nicht direkt den Kriterien der Unterlagen genügen, z. B. auch elektronische und optische Speichermedien. Technische Dokumente werden in drei Kategorien eingeordnet:

- *Primärdokumente* oder sog. Entwicklungsdokumente,
- *Sekundärdokumente* oder sog. Fertigungsdokumente und
- *Tertiärdokumente*, die in der Phase der Produktnutzung verwendet werden, z. B. Bedienungshandbücher.

Der Begriff Dokumentation umfasst nach DIN 199-1 (03.2002) und DIN 6789 Teil 1 bis 7 (09.1990-06-2005):

- *Dokumentensatz*: Ein Dokumentensatz ist die Gesamtheit aller Dokumente zur vollständigen Beschreibung eines Gegenstands. Dokumentensätze können nach bestimmten Gesichtspunkten zusammengestellt werden, z. B. Zeichnungssatz, Stücklistensatz, Normen, technische Anweisungen oder Softwaredokumentation.
- *Zeichnungssatz*: Ein Zeichnungssatz ist eine ausschließlich aus Zeichnungen bestehende Dokumentation, die entweder eigenständig oder Teil einer umfassenden Dokumentation ist.
- *Stücklistensatz*: Ein Stücklistensatz ist eine ausschließlich aus Stücklisten bestehende Dokumentation, die entweder eigenständig oder Teil einer umfassenden Dokumentation ist.
- *Produktinformationen*: Produktinformationen sind Informationen, die bestimmten Produkten (Erzeugnissen) zugeordnet sind. Diese Informationen umfassen nicht nur technische, sondern z. B. auch kommerziell orientierte Angaben (Abb. 5–26)

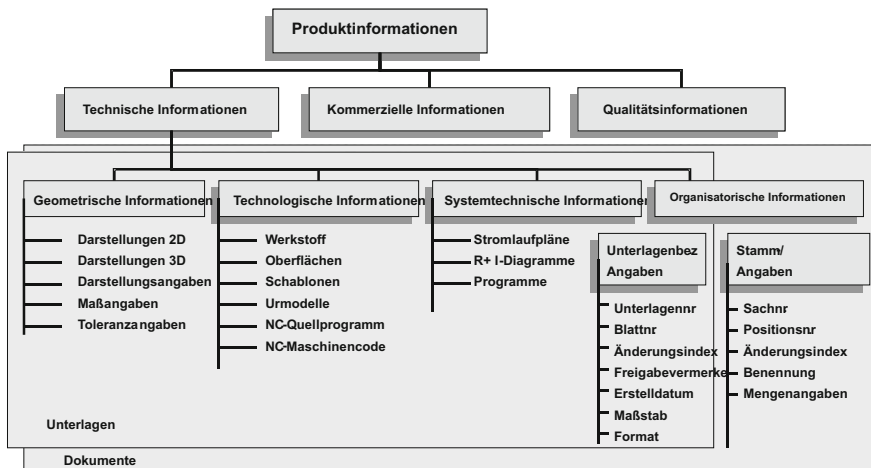


Abb. 5–26 PLM-bezogene Produktinformationen (nach DIN 6789 ergänzt)

Weitere für die Verwaltung technischer Dokumente relevante Normen sind:

- *Richtlinie 1999/93/EG* über gemeinschaftliche Rahmenbedingungen für elektronische Signaturen;
- *DIN ISO 15226* (10.1999) Technische Produktdokumentation - Lebenszyklusmodell und Zuordnung von Dokumenten;
- *DIN ISO 11442 Teil 1 bis 4* (06.2006) Technische Produktdokumentation;

- *DIN EN 82045* Dokumentenmanagement *Teil 1*: Prinzipien und Methoden (11.2002) und *Teil 2*: Referenzsammlung von Metadaten und Referenzmodellen (11.2005).

Die Dokumente sind zusammen mit der Produktstruktur wesentliches Element einer Produktkonfiguration. Allen Knoten der Produktstruktur (Stücklistenposition, die auf einen Artikelstamm verweist) können beliebig viele beschreibende Dokumente zugeordnet werden [MUS-00]. Die Beziehung zwischen Dokument und Artikel ist i. d. R. vom Typ $n:m$. Dass bedeutet ein Dokument kann mehreren Artikeln zugeordnet sein, z. B. eine Schmiervorschrift oder ein NC-Flanschbild.

Ein Artikel kann natürlich auch mehrere Dokumente besitzen, z. B.:

- 2D-Zeichnungen (mechanische, elektrische und elektronische Pläne),
- 3D-Modelle,
- Berechnungs- und Simulationsergebnisse,
- textuelle Dokumente (Spezifikationen, Anforderungslisten,...),
- Technische Dokumentation (Bedienungshandbücher, Wartungs- und Aufbauvorschriften) und
- NC-Programme.

Abbildung 5–27 verdeutlicht nochmals den Zusammenhang von Produktstruktur und Dokumenten, die gemeinsam die Produktkonfiguration zu einem definierten Zeitpunkt eindeutig bestimmt. Eine weitere Sicht auf PLM-relevante Dokumentenarten ist in [ARN-05] enthalten.

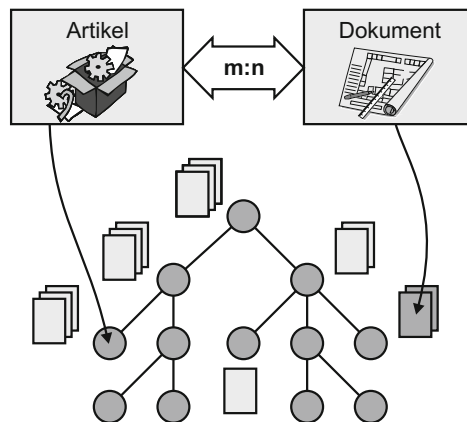


Abb. 5–27 Artikel und Dokumente sind Basiselemente einer Produktkonfiguration

Beziehung zwischen Dokument und Artikel

Ein Dokument besitzt ähnlich einem Artikel einen Stammsatz ($\hookrightarrow$ Dokumentenstammsatz). Von wesentlicher Bedeutung für die Handhabung eines technischen Informationssystems ist der Bezug zwischen

- Dokumentenstammsatz (DSS) und
- Artikelstammsatz (ASS).

Die Beziehungen zwischen Artikelstamm und Dokumentenstamm sind im Allgemeinen sehr komplex:

- *Fall 1 (ASS - DSS $\hookrightarrow$ 1:1);*
Dieser Fall ist einfach zu handhaben und organisatorisch und IT-technisch unproblematisch.
- *Fall 2 (ASS - DSS $\hookrightarrow$ n:1);*
Beispiele für diesen Fall sind im Folgenden aufgeführt:
 - *Tabellenzeichnung:* Dies ist der i. d. R. unter dem Begriff Tabellenzeichnung bzw. Sammelzeichnung übliche Weg, mehrere geometrisch ähnliche Artikel auf einer Zeichnung zusammenzufassen. Die Tabellenzeichnung ist ein sehr häufig eingesetztes Hilfsmittel zur Reduzierung der Zeichnungsarbeit. Durch die Trennung von Unterlagen- und Sachnummer wird diese Technik grundsätzlich erleichtert.
 - *Direkte n:1-Beziehung:* Dieser Fall tritt dann auf, wenn eine technische Unterlage direkt mehrfach an Artikelstämme gebunden ist, z. B.
 - Basiszeichnungen für mehrere Artikelstämme,
 - Montageanweisungen für eine Produktfamilie.
- *Fall 3 (ASS - DSS $\hookrightarrow$ 1:n);*
Ein typisches Beispiel für diesen Fall sind Artikel, denen mehrere Unterlagen zugeordnet sind, z. B.:
 - 3D-Modell,
 - 2D-Zeichnung,
 - 5-Achsen NC-Programm,
 - 2 1/2-Achsen Bohrprogramm und
 - Koordinatenliste.
- *Fall 4 (ASS - DSS $\hookrightarrow$ 0:1);*
Dieser Fall tritt auf, wenn eine Unterlage keine direkte Verbindung zu einem Artikelstammsatz besitzt, z. B. bei
 - Formularen,
 - Normen und
 - allgemeinen Anweisungen.

Identifikation eines Dokuments

Der Dokumentenstammsatz wird eindeutig identifiziert durch folgende Schlüsselfelder:

- *Dokumentennummer*: Die Dokumentennummer besitzt die Funktion der Identifikation von Unterlagen. Es existieren verschiedene Möglichkeiten die Dokumentennummer zu erzeugen, z. B. durch
 - manuelle Eingabe,
 - Generierung aus PLM als laufende Nummer (↪ reine Zählnummer),
 - Übernahme aus Artikelstammsatz (↪ Voraussetzung: Sachnummer = Unterlagennummer).

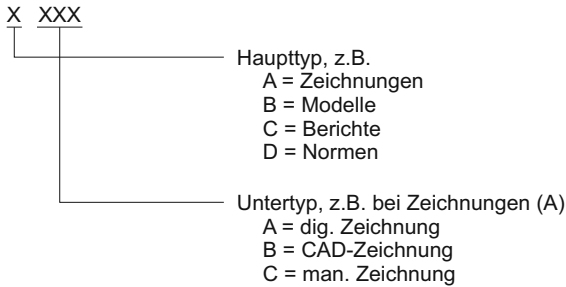
Im letzten Fall stellt sich die grundsätzliche Frage, ob die Sachnummer des Artikelstammsatzes gleich der Unterlagennummer ist. Eine Unterscheidung kann in diesem Fall durch den Unterlagentyp und eine der Sachnummer folgende Zählnummer erfolgen. Liegen betriebsspezifisch bedingt viele Fälle vor, bei denen Unterlagen mehreren oder keinem Artikel zugeordnet sind, empfiehlt sich eine Trennung zwischen den beiden Nummern.

- *Blattnummer*: Die Blattnummer ist bei bestimmten Anwendungen, z. B. im Werkzeugbau oder bei Schemazeichnungen, notwendig. Mit ihr werden Folgeblätter gekennzeichnet.
- *Änderungsindex*: Der Änderungsindex (AI) kennzeichnet den aktuellen Änderungsstand eines Dokuments. Ist der Änderungsindex Bestandteil der Unterlagenidentifikation, spricht man von einem *aktiven Änderungsindex*. Ein ausschließlich beschreibender Index wird *passiver Änderungsindex* genannt.

Beschreibende Merkmale eines Dokuments

Die Klassifikation der Dokumente erfolgt durch den

- *Dokumententyp*: Der Dokumententyp gliedert die Unterlagen. Die Details sind aus einer betrieblichen Unterlagenanalyse ableitbar. Vorgeschlagen wird folgende Vorgehensweise:



Teile des Unterlagentyps sollten wenn möglich vom Erzeugersystem generiert werden. Dabei sollte der Unterlagentyp nicht den Status einer Unterlage spezifizieren, z. B. Musterzeichnung, die später freigegeben wird.

- *Benennung:* Ein Dokument kann eine oder mehrere Benennungen haben. Üblich sind ein bis zwei Benennungen. Die Benennungen sind i. d. R. unterlagenspezifisch. Bei einer 1:1-Beziehung zum Artikelstamm kann eine automatische Übernahme der Artikelbenennung als „überschreibbarer“ Vorschlag aus dem Dokumentenstammsatz erfolgen.
- *Status und Reifegrade:* Jedem Dokument werden eindeutige Status und Reifegrade zugewiesen:
 - *Status:*
 - z. B. bei komplexem Ablauf:
 - inaktiv,
 - in Arbeit,
 - zurückgewiesen,
 - Prüfung/Kontrolle,
 - in Änderung und
 - freigegeben.
 - z. B. bei einfachem Ablauf:
 - inaktiv,
 - in Arbeit und
 - freigegeben.
 - *Reifegrade:*
 - z. B. beim Produktanlauf:
 - Entwurf,
 - Mustererstellung,
 - Detaillierung,
 - Fertigungsplanung und
 - Nullserie.
- *Änderungsnummer:* Sie kann jedem Dokument über eine Änderungshistorie zugewiesen werden.

Weitere Möglichkeiten der Klassifizierung bzw. Beschreibung von Dokumenten sind in IEC 61355 beschrieben.

Dokumentenstruktur

So wie Artikel können auch Dokumente eine Struktur besitzen. Man unterscheidet deswegen folgende Fälle (Abb. 5–28):

- Die verschiedenen Dokumente werden einstufig an den Artikelstamm verknüpft oder
- die verschiedenen Dokumente bilden eine mehrstufige Dokumentenstruktur.

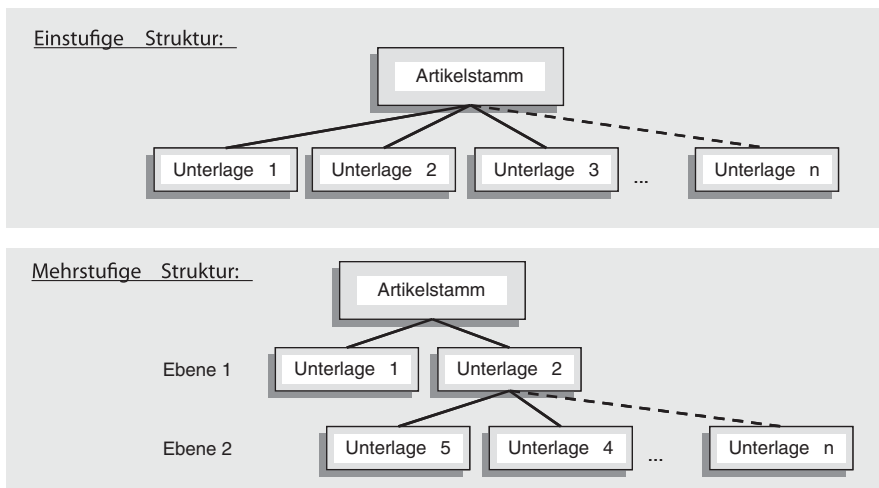


Abb. 5–28 Ein- und mehrstufige Anordnung von Dokumenten

Die Dokumentenstrukturen können aus verschiedenen Gründen notwendig werden, z. B. können verknüpfte Text- und Grafikdokumente und aus 3D-CAD abgeleitete Dokumente grundsätzlich strukturiert sein (Abb. 5–29).

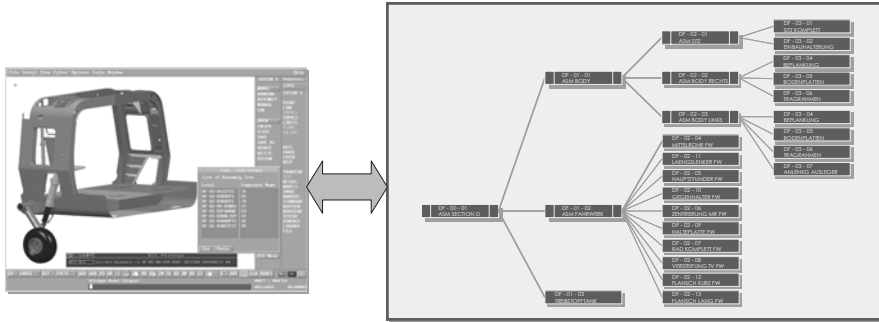


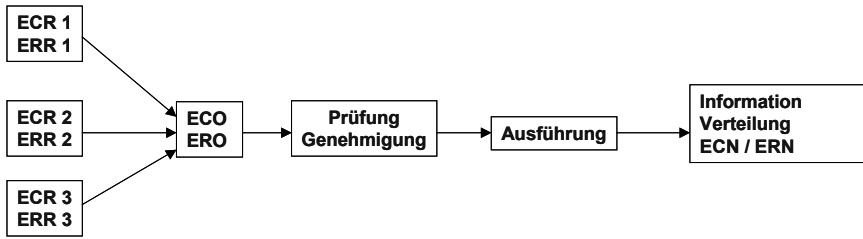
Abb. 5–29 Aus CAD abgeleitete strukturierte Modell- und Dokumentenstruktur

5.5 Freigabe- und Änderungswesen

Das *Freigabe- und Änderungswesen* ist ein für die Produktentstehung wesentlicher Prozess, um die Ziele nach kürzeren Durchlaufzeiten, niedrigeren Kosten und besserem Qualitätsmanagement zu erfüllen [MUE-07]. Es gibt die Meinung, dass der Änderungsvorgang als solcher bereits auf die Ineffizienz der Produktentwicklung hindeutet. Das mag manchmal stimmen, aber generell ist das Entwickeln, Planen und Produzieren komplexer Produkte keine präzise Wissenschaft, sondern ein iterativer und natürlich mit Fehlern und Möglichkeiten zur Optimierung behafteter Prozess.

Ein Freigabe- und Änderungsprozess ist kein isoliertes Ereignis, sondern eine Abfolge von korrespondierenden, auf das ganze Unternehmen verteilten Schritten. Teilschritte können auch außerhalb des Unternehmens angesiedelt sein, z. B. Zulieferer, externe Konstruktionsbüros oder Kunden, die zustimmungspflichtig sind. Viele Faktoren wie Dokumente, Artikelbeziehungen und -verwendungen, fertigungs- und montageorientierte Gesichtspunkte, Marktlage, Kosten, Einsparpotential, Qualität, Wartung, Garantie und Produkthaftung beeinflussen diesen Prozess.

Ein Freigabe- oder Änderungsantrag (↯ Engineering Release/Change Request = ERR/ECR) besteht aus drei Phasen (Abb. 5–30).



Legende: ECR / ERR Engineering Change / Release Request (Änderungs- / Freigabeantrag)
 ECO / ERO Engineering Change / Release Order (Änderungs- / Freigabeauftrag)
 ECN / ERN Engineering Change / Release Notification (Änderungs- Freigabebenachrichtigung)

Abb. 5–30 Phasen des Freigabe- oder Änderungsprozesses

Das Freigabe- und Änderungsmanagement kann man am besten durch die drei Lebenszyklen eines Produkts verdeutlichen:

- *Zukunft*: In dieser Phase wird ein Artikel entworfen bzw. eine Änderung durchgeführt.
- *Gegenwart*: In dieser Phase wird ein Artikel gefertigt.
- *Vergangenheit*: In dieser Phase befinden sich alte Änderungszustände bzw. der letzte Änderungszustand nach einem Verbot.

Die Übergänge von einer Phase in die andere und deren Verursachung sind (Abb. 5–31):

- *Zukunft* → *Gegenwart*
 - Freigabe- bzw. Änderungsgenehmigung
- *Gegenwart* → *Zukunft*
 - Änderungsantrag
- *Gegenwart* → *Vergangenheit*
 - Verbot.

Die Übergänge sind i. d. R. mit Nachrichten, Anträgen und Genehmigungen verbunden.

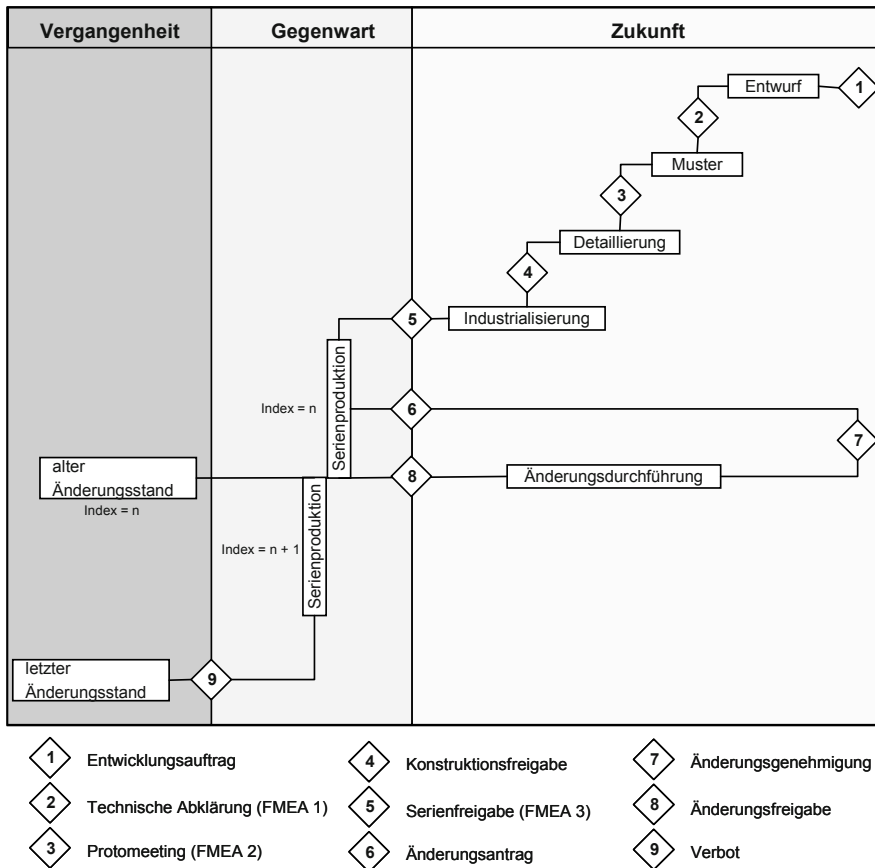


Abb. 5–31 Phasenmodell von Freigaben, Änderungen und Verboten

Freigaben

Mit der Freigabe wird nach abschließender Prüfung die Nutzung von Dokumenten und Stamm-/Strukturbeschreibungen genehmigt. Mit der Freigabe in mehreren Stufen werden sukzessiv Dokumente, z. B. nur für bestimmte Anwendungsbereiche der Dokumente, erweitert (Fertigung) sowie zugelassene Änderungen bzw. Maßnahmen eingeschränkt [DIN 6789].

Der Freigabeablauf umfasst die erforderlichen Schritte, die innerhalb eines Unternehmens durchlaufen werden müssen, bis eine Unterlage, ein Projekt oder ein Artikel einen bestimmten Status erreicht hat.

Die Freigabearten unterscheiden sich je nach Komplexität des betrieblichen Ablaufs. So können im Extremfall bei einem komplexen Produkt, z. B. bei einem KFZ - Zulieferer, folgende Freigabeschritte existieren:

- *Konstruktionsfreigabe* (synonym verwendete Begriffe sind Entwicklungs- oder Erzeugnisfreigabe): Um die Risiken bei der Freigabe eines neuen Erzeugnisses zu begrenzen, müssen folgende Kriterien erfüllt sein:
 - Entwicklung und Erprobung im Wesentlichen abgeschlossen,
 - Funktion und Qualität gesichert,
 - Stückzahlen, Entwurfs-, Werkzeug-, Vorrichtungs- und Anlagenkosten sowie die geschätzten Werksselbstkosten sind hinreichend genau bekannt, um den Ertrag zu bestimmen.

Mit der Konstruktionsfreigabe übergibt die Entwicklung/Konstruktion die erzeugnispezifischen Dokumente der Fertigungsplanung. Für die Verwaltung innerhalb PLM ergeben sich daraus i. d. R. einige Konsequenzen.

- Übergabe Stamm - und Strukturdaten an ERP,
 - Vergabe einer Sachnummer (falls dies nicht schon geschehen ist),
 - Zustandsänderung des Konstruktionsstammsatzes von „aktiv“ in „passiv“ (↪ Status = Freigegeben). Das bedeutet, dass die Kontrolle über den Stammsatz von PLM auf das ERP-System übergeht.
- *Fertigungsfreigabe* (↪ Nullserienfreigabe): Freigabe der erzeugnispezifischen Fertigungs- und Montageplanung sowie aller zum Fertigungs- und Montage-Prozess gehörenden Hilfs- und Betriebsmittel. Die Freigabe gilt im Allgemeinen zunächst für die Nullserie (↪ begrenzte Freigabe). Nach Begutachtung der Nullserie, insbesondere nach Kosten- und Qualitätsgesichtspunkten, erfolgt die
 - *Serienfreigabe*: Diese Freigabe ist bei Großserienfertigern die endgültige Freigabe zur Serienproduktion. Einzel- und Kleinserienfertiger benötigen diese Freigabe nicht bzw. unterscheiden nicht zwischen Fertigungs- und Serienfreigabe.

Bezüglich der Menge der freizugebenden Teile, Baugruppen und Erzeugnisse unterscheidet man die

- *Einzelfreigabe*: Mit einer Einzelfreigabe wird ein einzelnes, vollständig zu lieferndes Erzeugnis freigegeben. Erzeugnis bedeutet im allgemeinen Fall ein Teil, eine Baugruppe, z. B. als Ersatzteillieferung, oder ein gesamtes Produkt. Wichtig ist einzig und allein die Tatsache der Auslieferung der Komponente.

- *Sammelfreigabe:* Eine Sammelfreigabe beinhaltet eine Erzeugnisgruppe, d. h. Baureihen oder Varianten. Typisch hierbei sind beispielsweise länderspezifische Ausführungen.

Eine wichtige Freigabeart, gerade im Zusammenhang mit Concurrent oder Simultaneous Engineering, ist die Vorfreigabe. Vorfreigaben werden ausgestellt, wenn die Anfertigung von Werkzeugen, Maschinen und Anlagen vor Abschluss der endgültigen Freigabe beginnen muss, um Liefertermine einzuhalten bzw. die Produktanlaufzeit zu verkürzen.

Ein Freigabeablauf muss bezüglich der ablauforganisatorischen Verwaltung in einer PLM-Lösung stärker strukturiert werden. Hilfsmittel sind:

- *Status:* Status kennzeichnen dabei die Grundzustände einer Unterlage oder eines Artikels, wie „In Arbeit“, „In Prüfung“ oder „Freigegeben“. Für einen Freigabeablauf kann eine beliebige Anzahl unterschiedlicher Status definiert werden.
- *Reifegrade:* Die Reifegrade kennzeichnen die Phasen des Produktan- bzw. -durchlaufs eines Artikels oder einer Unterlage. Es lassen sich für einen Freigabeablauf beliebig viele Reifegrade festlegen.
- *Prüfabläufe:* Prüfabläufe können einer Status/Reifegradkombination zugeordnet werden und definieren den Übergang zwischen den möglichen Status/Reifegradkombinationen. Ein Prüfablauf umfasst alle erforderlichen Schritte, die durchlaufen werden müssen, damit eine Unterlage, ein Artikel oder ein Projekt einen anderen Status erreicht.

Die Status und Reifegrade eines Freigabeablaufs können in einer Matrix dargestellt werden. Abbildung 5–32 zeigt ein Beispiel einer Status-/Reifegraddefinition.

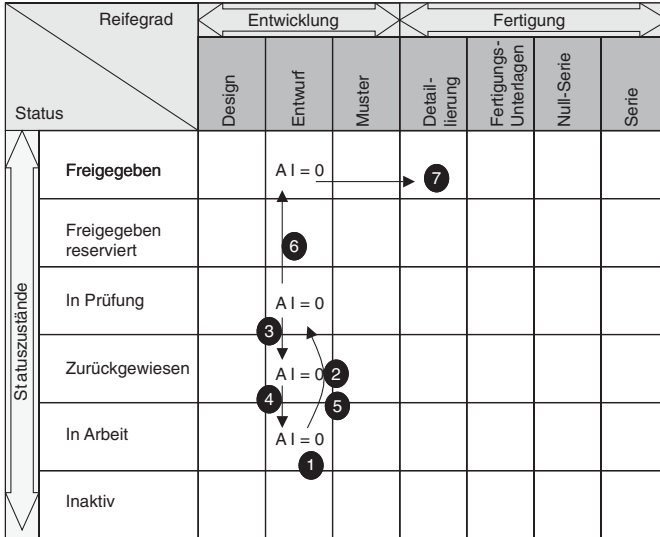


Abb. 5–32 Beispiel eines Freigabeablaufs durch verschiedene Status und Reifegrade

Das skizzierte Beispiel für den Durchlauf einer Unterlage (Zeichnung) beschreibt folgenden Vorgang:

1. Ein Anwender erzeugt ein neues Element, z. B. ein Dokument, im Reifegrad „Entwurf“, welches den Status „In Arbeit“ erhält.
2. Nach Beendigung der Konstruktion schickt der Konstrukteur das Dokument zur „Prüfung“.
3. Die Prüfstelle akzeptiert das Dokument nicht. Es erhält dabei automatisch den Status „Zurückgewiesen“.
4. Der Konstrukteur holt sich das Dokument zum Ändern, der Status wechselt dabei auf „In Arbeit“.
5. Nach Abschluss der Änderung wird das Dokument wieder zur „Prüfung“ geschickt.
6. Die Prüfstelle akzeptiert die Zeichnung und gibt sie frei. Der Status ändert sich auf „Freigegeben“.
7. Der für die nächste Entwicklungsstufe verantwortliche Konstrukteur kann nun mit seiner Arbeit beginnen.

In der Praxis wird der Freigabeablauf i. d. R. vereinfacht, z. B.

- im Reifegrad Entwurf und Mustererstellung nur Status „in Arbeit“,
- im Reifegrad Detaillierung werden die Status

- in Arbeit,
- in Prüfung,
- zurückgewiesen,
- freigegeben

verwendet.

Die Unterlagen und Artikel werden i. d. R. nicht einzeln freigegeben, sondern in Bezug auf das freigegebene Erzeugnis. Durch die Produkt- und, wenn vorhanden, die Dokumentenstruktur werden Teile- und Dokumentenlisten (↳ Rüstlisten, Folder, Mappen) erstellt, die die zu einer Erzeugnisfreigabe gehörenden Neuteile und Dokumente erfassen.

Änderungen

Die Durchführung von *Änderungen* dient der Erhaltung der Aktualität eines Produkts. Die Notwendigkeit einer Änderung ergibt sich nach DIN 6772 aus:

- funktioneller Verbesserung,
- Fertigungsrationalisierung,
- Kundenwunsch, Marktbedürfnis,
- Behebung von Fehlern in technischen Dokumenten,
- Behebung von Ausschussursachen und
- gesetzlichen Bestimmungen.

Organisatorisch ist bei jeder Änderung zu prüfen, ob sich die Änderung auf andere Strukturstufen (↳ •Auflösung nach unten) und Produkte (↳ •Auflösung nach oben) auswirkt.

Aus den Rechtsvorschriften der EG-Norm 85/374 wird bezüglich der Produkthaftung hergeleitet: „Um den Entlastungsbeweis bei möglichen Produkt haftungsfällen führen zu können, müssen der Konstruktionsstand und die dazugehörenden Änderungsvorgänge bis mindestens 10 Jahre nach Ablieferung des Erzeugnisses noch zurückverfolgt werden können.“

Der Ablauf von Änderungen ist in einer Reihe von Normen, z. B. DIN 199 Teil 2 und 4, DIN 6789 und DIN ISO 9001 festgelegt. Die wichtigsten Begriffe sind in Tabelle 5–1 aufgeführt.

Tabelle 5–1 Begriffe des Änderungswesens

<i>Nr.</i>	<i>Benennung/ Definition</i>	<i>Bemerkung</i>
1	<i>Änderung</i> Eine Änderung ist jeder Eingriff in eine technische Produktdokumentation und damit in den festgelegten Zustand des mit dieser Dokumentation beschriebenen Gegenstands.	
2	<i>Austauschbarkeit</i> Die Austauschbarkeit eines Gegenstands ist seine Eignung, einen anderen Gegenstand zu ersetzen.	
2.1	<i>Eingeschränkte Austauschbarkeit</i> Die eingeschränkte Austauschbarkeit ist die nur bedingte Eignung eines neuen Gegenstands, einen bisherigen zu ersetzen oder durch einen bisherigen Gegenstand ersetzt werden zu können.	Die zusätzlichen Maßnahmen für Anpassen, Umarbeiten usw. zum Erreichen der Austauschbarkeit müssen auf geeignete Weise dokumentiert werden.
2.2	<i>Volle Austauschbarkeit</i> Die volle Austauschbarkeit ist gegeben, wenn ein neuer Gegenstand den bisherigen voll ersetzt (vorwärts und rückwärts).	Zum Sicherstellen der Vorwärts-Austauschbarkeit gehört das Beibehalten aller spezifischen (↯Form, Fit Function) Merkmale des bisherigen Gegenstandes.
2.3	<i>Vorwärts-Austauschbarkeit</i> Die Vorwärts-Austauschbarkeit ist gegeben, wenn ein neuer Gegenstand den bisherigen voll ersetzt, der bisherige Gegenstand aber den neuen nicht in jedem Fall ersetzen kann.	
2.4	<i>Keine Austauschbarkeit</i> Keine Austauschbarkeit ist gegeben, wenn ein bisheriger Gegenstand nicht durch einen neuen ersetzt werden kann.	Die fehlende Austauschbarkeit von Neukonstruktionen erfordert unterschiedliche Sachnummern. Auch wenn die fehlende Austauschbarkeit eine Folge einer Änderungsmaßnahme ist, wird der neue Gegenstand wie eine Neukonstruktion (Variante) behandelt.

Die Austauschbarkeit eines Artikels ist wesentlich für die Benummerung:

- Artikel ist austauschbar → gleiche Sachnummer, Inkrementierung des Index;
- Artikel ist nicht austauschbar → neue Sachnummer.

Die Änderungsdurchführung läuft i. d. R. wie folgt ab:

- *Änderungsantrag/Änderungsanregung*: Grundsätzlich kann jede Abteilung eine Änderung durch Ausfüllen des Änderungsantrags anregen. Änderungen an Erzeugnissen ohne vorgeschriebene Abwicklung über eine definierte Stelle sind nicht erlaubt. Vom Aussteller sind zwingend anzugeben:
 - Aussteller, Datum, Vorgang,
 - Änderungsgrund,
 - Genehmigung der Anregung und
 - Artikel-Nummer alt und neu, Änderungstext.
 Darüber hinaus soll derjenige, der die Änderung angeregt hat, nach Möglichkeit auch Angaben über
 - Typ,
 - Produkt,
 - einmalige Kosten,
 - Belastung und
 - Kunden (bei kundenorientierter Produktion)
 geben.

Das entsprechende Formular für diese Phase ist der *Änderungsantrag* bzw. die *Änderungsanregung*. Ist die Änderung im Formular erfasst, so wird es an die definierte Stelle (z. B. Freigabestelle) weitergegeben.

- *Genehmigungsumlauf*: Die definierte Stelle überprüft die vorliegenden Angaben, ergänzt evtl. fehlende Daten, legt in der Spalte „Einverstanden“ die Abteilungen fest, die mit der angeregten Änderung einverstanden sein müssen und gibt den Änderungsantrag als Kopien zur Genehmigung in die betroffenen Abteilungen. Die Empfängerabteilungen prüfen die Änderungen, zeichnen bei Zustimmung ab bzw. begründen die Ablehnung. Danach geht die Änderungsanregung zurück. In der definierten Stelle wird jetzt der *Änderungsauftrag* oder die *Änderungsanweisung* erstellt. In herkömmlicher Vorgehensweise werden der Änderungsantrag und der Änderungsauftrag als gemeinsames Durchschlagformular bereitgestellt.
- *Änderungsauftrag*: Sind alle Daten zur Änderung zusammengestellt und alle Unterschriften eingeholt, so wird von den entsprechenden Sachbearbeitern die Änderung vollzogen. Dies bedeutet, dass die Unterlagen geändert, die Stückliste richtig gestellt und

- *Austauschbarkeit* (vgl. Tabelle 5–1),
- *Benummerung* (↗ neue Sachnummer oder Inkrementierung des Index in Abhängigkeit der Austauschbarkeit),
- *Änderungsklassen*, z. B.:
 - Änderungsklasse A
 1. Keine Funktionsbeeinflussung,
 2. die Änderung ist nicht erkennbar,
 3. geänderte Teile/Baugruppen sind austauschbar.
 - Änderungsklasse B
 1. Keine Funktionsbeeinflussung,
 2. die Änderung ist erkennbar,
 3. geänderte Teile/Baugruppen sind vorwärts austauschbar.
 - Änderungsklasse C
 1. Funktionsbeeinflussung,
 2. geänderte Teile/Baugruppen sind nicht austauschbar,
 3. Bemusterung notwendig.
- *Prioritätsklassen*: Die Prioritätsklassen geben eine Bewertung über eine Reihenfolgeplanung bei der Bearbeitung von Änderungen an, z. B.:
 - A = Änderung von gravierender Bedeutung,
 - B = Änderung von Bedeutung,
 - C = keine wesentliche Beeinflussung,
 - S = Eiländerung (↗ verkürzter Durchlauf).
- *Kosten und Einsparungen*: Die einmaligen mit der Änderung zusammenhängenden Kosten (↗ Werkzeuge, Nacharbeit, Verschrottung usw.) müssen abgeschätzt und den potentiellen Einsparungen gegenübergestellt werden.
- *An-/Auslaufterminierung*: Änderungen müssen genau zeitlich abgegrenzt werden um den technischen Zustand eines Produkts eindeutig definieren zu können [GEI–87]. Insofern unterscheidet man Änderungen:
 - Ohne An-/Auslauftermin;

Hierzu gehören i. d. R. Änderungen der Änderungsklasse A und B, d. h. Änderungen, bei denen die Sachnummer beibehalten wird. Voraussetzung ist, dass der Kunde keinen definierten Umstelltermin angibt. Im Änderungsschein wird „aufbrauchen“ vermerkt.
 - Mit An-/Auslauftermin;

Hierzu gehören i. d. R. Änderungen der Änderungsklasse C bzw. alle Änderungen, bei denen durch Kundenwunsch, hohe Rationalisierungsvorteile oder aus Qualitätsgründen ein Umstellungstermin erzwungen wird. Im Änderungsschein ist der

An-/Auslauftermin zu vermerken und ob bzw. wie Altteile verschrottet oder umgebaut werden sollen.

Ein Änderungsablauf ist grundsätzlich mit dem Freigabeablauf vergleichbar, denn geänderte Teile und Baugruppen durchlaufen ähnliche Prozeduren wie bei der Neufreigabe. Auch der Änderungsablauf wird durch Status, Reifegrade und Prüfabläufe strukturiert.

Im Folgenden werden weitere PLM-spezifische Eigenschaften von Änderungen erläutert:

Der *Änderungsindex* (AI) eines Artikels oder eines Dokuments sollte gegliedert werden in:

- Hauptänderung (Revision) → eigentlicher Änderungsindex und
- Änderungsalternativen (Versionen).

Mit dem Änderungsindex werden konstruktive Alternativen während des Änderungsdurchlaufs gekennzeichnet. Es werden dabei generell zwei Arten von Änderungsindizes unterschieden:

- *passiver Änderungsindex*: Der Änderungsindex ist nicht Teil des Schlüssels, d. h. bei einer Indexerhöhung wird kein neuer Stammsatz angelegt. Befindet sich der geänderte Stammsatz in einer Beziehung, z. B. Stückliste, wird automatisch der neue Änderungsstand übernommen.
- *aktiver Änderungsindex*: In diesem Fall ist der Index ein Teil der Identifikation des Stammsatzes. Bei einer Erhöhung des Index wird physikalisch ein neuer Stammsatz generiert. Die Auswirkungen auf die Beziehungen hängen von der definierten *Referenzierung* ab.

Bei Einführung von PLM muss aufgrund der zugrunde liegenden Datenbank ein exaktes Datenmodell definiert werden. Bezüglich des Änderungsablaufs müssen einige betriebsspezifische Auslegungen vereinbart werden. Die Freiheitsgrade beziehen sich auf die evtl. durch eine Änderungsdurchführung veränderte Referenzierung eines Elements innerhalb einer Beziehung und der damit zusammenhängenden Definition des Änderungsindex als Schlüssel oder als normales Attribut.

Bei der Durchführung von Änderungen an einem Artikel- oder Unterlagenstammsatz stellt sich die Frage, wie diese Änderung gegenüber dem Ausgangszustand innerhalb der Beziehungen, z. B. Stücklisten bzw. Dokumentenstruktur, behandelt werden soll. Dabei lassen sich prinzipiell folgende Fälle bei der Definition einer Beziehung unterscheiden:

- *Statische Referenzierung*: Die Beziehung ist auf ein bestimmtes Element verknüpft. Bei einem Revisionswechsel (= Inkrementierung des Änderungsindex) eines Elements bleibt der alte Status in der Beziehung eingetragen. Beispiel: Nach Änderung eines in einer Stückliste verwendeten Artikels bleibt der alte Artikel in der Struktur.
- *Dynamische Referenzierung*: Bei einem Revisionswechsel wird automatisch der aktuellste Zustand unabhängig vom jeweiligen Freigabestatus in einer Beziehung angezeigt.
- *Zeitgesteuerte Referenzierung*: Die Übernahme einer neuen Version in eine Beziehung erfolgt zeitgesteuert. Beispielsweise lässt sich durch Angabe von Gültigkeitszeiträumen der Zeitpunkt für den Ersatz eines Artikels definieren (↪ An-/Auslaufterminierung).
- *Ereignisgesteuerte Referenzierung*: Die Übernahme einer neuen Version in die Beziehung ist an das Eintreten eines bestimmten Ereignisses gebunden, z. B. dem Aufbrauchen des Altteilebestandes, oder an eine bestimmte Seriennummer als Freigabe des entsprechenden Elements.

In den Abb. 5–34 und 5–35 ist zusammenfassend eine kompatible und eine inkompatible Änderung vereinfacht, d. h. ohne Beachtung der auf der Dokumentenebene ebenfalls durchzuführenden Änderungen, dargestellt.

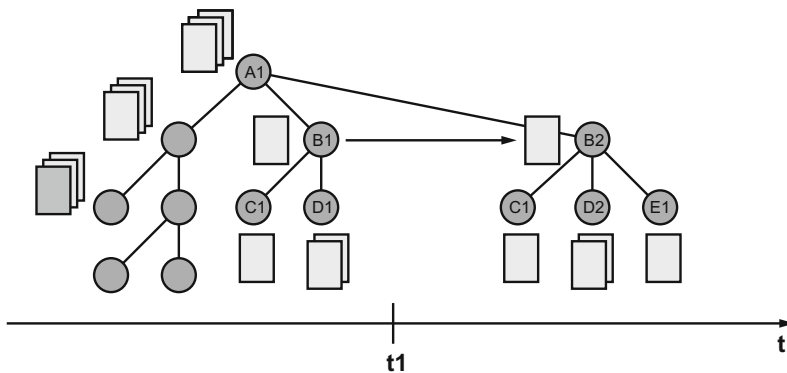


Abb. 5–34 Zeitlicher Ablauf einer kompatiblen Änderung

Die Buchstaben (A-E) symbolisieren jeweils eine Sachnummer, die Zahlen (1,2) sollen einen Änderungsindex darstellen. Die Baugruppe B1 wird zur Zeit t1 durch die kompatible Baugruppe B2 ersetzt. Innerhalb der Baugruppe B2 hat sich folgendes geändert:

- D1 wurde durch das kompatible Teil D2 ersetzt und
- E1 wurde zusätzlich eingefügt.

Auf der übergeordneten Ebene bleibt A1 von der Indizierung ausgenommen, da auf der untergeordneten Ebene nur eine Indexveränderung durchgeführt wurde. Ab $t > t_1$ gilt also die Produktkonfiguration $A1 \rightarrow B2 \rightarrow C1, D2, E1$.

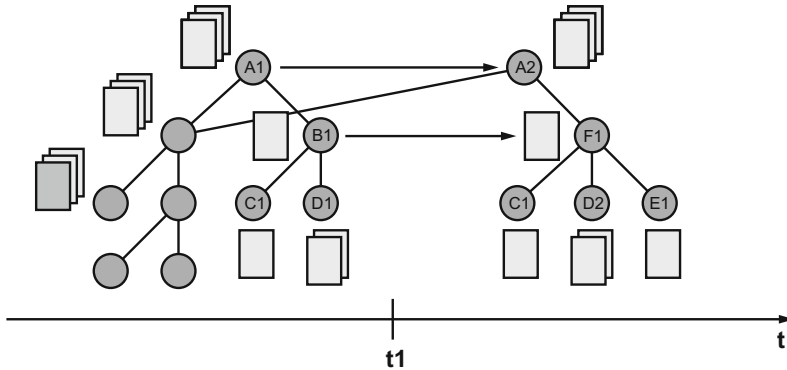


Abb. 5–35 Zeitlicher Ablauf einer inkompatiblen Änderung

Im Fall der inkompatiblen Änderung wird die Baugruppe B1 durch die inkompatible Baugruppe F1 ersetzt. Sofern die Baugruppe Ersatzteil-Status besitzt, wird B1 automatisch zum Ersatzteil. Vorausgesetzt, dass sich auf der Baugruppenebene A1 Kompatibilität ergibt, wird A1 auf den nächst höheren Änderungsindex inkrementiert (A2). Wäre dies nicht der Fall gewesen, müsste auf dieser Ebene eine neue Sachnummer eingefügt werden (G2). Ab $t > t_1$ gilt also die Produktkonfiguration $A2 \rightarrow F1 \rightarrow C1, D2, E1$.

Wichtig:

Bei einem allein auf Änderungsindizes basierenden Änderungswesen ist immer eine eindeutige Zuordnung einer Sachnummer *und* eines Änderungsindex auf die Zeitachse gegeben.

5.6 Konfigurationsmanagement (CM)

CM-Techniken sind die konsequente und formale Weiterentwicklung des in Kap. 5.5 vorgestellten Freigabe- und Änderungsmanagements. Sie wurden ursprünglich in der Luft- und Raumfahrt, im militärischen Bereich und generell bei der Entwicklung komplexer Produkte mit hohem Produkthaftungsrisiko und der Notwendigkeit, diese Produkte über den gesamten Betreibungszeitraum zu betreuen und zu warten, eingesetzt. Inzwischen nutzen aber immer

mehr moderne Unternehmen CM, um den kompletten Lebenszyklus ihrer Produkte zu überwachen.

Die Richtlinien für das CM sind in der EN ISO 10007 festgelegt. Gemäß dieser Norm versteht sich CM als [EHA–98]:

„...eine Managementdisziplin, die über die gesamte Lebensdauer eines Produktes angewandt wird, um Transparenz und Überwachung seiner funktionellen und physischen Merkmale sicherzustellen.“

Die Einhaltung der CM-Richtlinien ermöglicht weiterhin, dass die Forderungen aus anderen Normen, wie z. B. der ISO 9001, erfüllt werden können. Konfigurationsmanagement liefert somit einen wichtigen Beitrag im Rahmen von Zertifizierungsmaßnahmen.

Eine Konfiguration ist eine Beschreibung eines Produkts zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. in einem definierten Auslieferungsstatus. Die Beschreibung enthält alle zur Fertigung, Montage, Qualitätskontrolle und Instandhaltung relevanten Unterlagen, z. B. die Produktstruktur inklusive eventueller Softwarekomponenten in Form von Stücklisten sowie alle notwendigen Dokumente, z. B. textuelle Beschreibungen, CAD- oder manuelle Zeichnungen, CAD-Modelle, Berechnungsergebnisse, NC-Programme und DTP-Dokumente. Konfigurationsmanagementsysteme bestehen aus einem einheitlichen Satz von Werkzeugen und Regeln, um die zu einer Produktkonfiguration gehörende Informationsmenge während des gesamten Produktlebenszyklus eindeutig zu identifizieren und zu kontrollieren [LIT–95, EHA–98].

Die ISO 9001 beschreibt diesen Zusammenhang wie folgt:

„Wo es zweckmäßig ist, muss der Hersteller und Lieferant des Produktes Verfahren zur eindeutigen Zuordnung des Produktes zu den zugehörigen Zeichnungen, Spezifikationen oder anderen Dokumenten während aller Phasen der Produktion, Lieferung und Montage einführen und aufrechterhalten.“

Abbildung 5–36 zeigt beispielhaft Tätigkeiten innerhalb des Konfigurationsmanagements, wobei zu beachten ist, dass es sich um ein Beispiel handelt. Bei Verwendung eines anderen Projektmodells kann sich auch eine andere Darstellung ergeben.

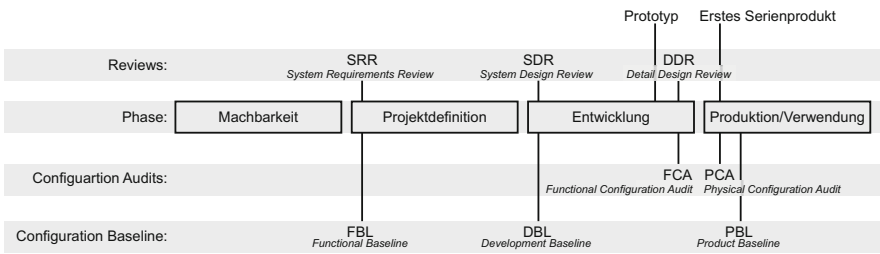


Abb. 5-36 Phasenmodell des Konfigurationsmanagement (Quelle: usb)

Das Konfigurationsmanagement ist eine Aufgabe, die sowohl die technische als auch administrative Leitung und Überwachung folgender Prozesse beinhaltet:

- funktionale und physikalische Eigenschaften des Konfigurationsobjekts bestimmen und dokumentieren,
- Änderungen dieser Eigenschaften steuern,
- den Bearbeitungsstatus und produktdefinierende Daten aufzeichnen und Berichte erstellen und
- prüfen, ob Normen und andere Vertragsbedingungen eingehalten werden.

Diese Aufgabe kann zusätzlich in vier unabhängige Aktivitäten untergliedert werden, die in der amerikanischen Norm MIL-STD¹ 973 und zukünftig im MIL-STD 2549, der den bisherigen Standard ersetzen soll, sowie dem erweiterten zivilen Standard EIA² 649 festgelegt sind [DDL-99]:

- *Konfigurationsidentifizierung (Configuration Identification)*: Identifizierung und Dokumentation der funktionalen und physikalischen Eigenschaften von Konfigurationsobjekten.
- *Konfigurationssteuerung (Configuration Control)*: Steuerung und Kontrolle von Änderungen an Produktkonfigurationen.
- *Dokumentation des Konfigurationsstatus (Configuration Status Accounting)*: Für die effektive Administration von Produktkonfigurationen erforderliche Protokolle und Berichte einschließlich Statusinformationen zu Modifikationsvorschlägen und dem Implementierungsstatus für freigegebene Modifikationen.
- *Überprüfung von Konfigurationen (Configuration Audits)*: Überprüfung von Produktkonfigurationen hinsichtlich der Überein-

¹ MIL-STD = Military Standard

² EIA = Electronic Industries Association

stimmung mit den Dokumenten für die Identifikation von Dokumentationen.

Konfigurationsidentifizierung

Ein wesentliches Merkmal stellt die Identifizierung des zu produzierenden Produkts als so genannte Konfigurationseinheit – man spricht auch vom *CI*, dem *Configuration Item* – dar. *CI*'s werden unterteilt in:

- *Technische (technical) Configuration Items (TCI)*:
Dazu gehören alle Teile, Baugruppen und Produkte mit ihren zugeordneten Dokumenten.
- *Vertragliche (contractual) Configuration Items (CCI)*:
Hierzu gehören alle vertraglich zugesicherten Eigenschaften funktionseller, technischer und logistischer (Liefertermin, ...) Art.
- *Serialisierte (serialized) Configuration Items (SCI)*:
Diese stellen eine spezielle Untermenge aller Teile und Baugruppen dar, die ausgewählt wurden um mit Hilfe ihrer Serialisierung durch eine fortlaufende Nummer (↗ Serien- und Seriennummer) eine Verfolgung und Administration über den gesamten Lebenszyklus zu gewährleisten.

Eine vereinfachte Definition von *CI*'s für den praktischen Gebrauch wird in [DDL–99] gegeben:

„Ein Configuration Item ist eine Sache, die über den gesamten Produktlebenszyklus identifiziert und kontrolliert werden soll. Es kann ein einzelnes Teil, eine Baugruppe, ein Softwareprogramm oder beliebige Kombinationen sein.“

Ein weiterer Begriff zur Unterstützung der Identifizierung ist die sogenannte *Configuration Baseline* (vgl. Abb. 5–36). Generell wird dadurch ein „eingefrorener“ Produktbeschreibungszustand bei einem internen bzw. externen Übergang festgelegt, z. B. die Functional Baseline (FBL) von Machbarkeit zu Projektdefinition, die Design Baseline (DBL) von Projektdefinition zu Entwicklung und die formal wichtigste Product Baseline (PBL) am Anfang der Produktion. Änderungen einer Baseline können nur nach Überprüfung und Genehmigung durch interne und/oder externe *Configuration Control Boards (CCB)* durchgeführt werden.

Durch die *Serialisierung* von Teilen und Baugruppen wird eine vollständige Verfolgung über alle Phasen des Lebenszyklus erst ermöglicht. Der in Kap. 5.5 vorgestellte Änderungsindex erlaubt das nur zum Teil und ist insbesondere unzureichend, um Änderungen in der Betriebsphase zu verwalten und zu kontrollieren. Immer wenn hohes Betriebs- oder Produkthaftungsrisiko sowie ge-

nerell die Notwendigkeit zur Verfolgung von Wartungsmaßnahmen vorliegt, wird das zusätzliche Instrument der Serialisierung eingesetzt. Zu serialisierende Teile und Baugruppen müssen bereits in einer frühen Entwicklungsphase festgelegt und eventuell vom Kunden oder Betreiber bestätigt werden. Serialisierung bedeutet einen hohen Kostenaufwand, so dass zwischen Verfolgbarkeit und Kosten sorgfältig abzuwägen ist. Die Seriennummer auf der obersten Produktebene bzw. die Serialnummer auf der Baugruppen- und Teileebene ist neben der Sachnummer eine zweite identifizierende Nummer, die aber im Gegensatz zur Sachnummer jede einzelne Ausprägung einer Menge von Teilen mit identischer Sachnummer eindeutig beschreibt. Vielfach wird von der Norm (z. B. MIL-STD 130) bzw. vertraglich vom Kunden die Markierung der Teile und Baugruppen mit Sach- und Serien- bzw. Serialnummer und weiteren vertraglich festgelegten Markierungen verlangt (↪ *Part Marking*).

Konfigurationssteuerung

Konfigurationssteuerung betrifft die Kontrolle und Steuerung der Änderungen der in einer Baseline festgelegten Produktkonfiguration.

Configuration Control Boards (CCB) werden gebildet, wenn der Übergang in der Produktentstehung zwischen unformeller zu interner formeller Entwicklungsphase erfolgt. Dies hängt von der betriebsinternen Organisation ab, ist aber i. d. R. der Punkt, an dem Außenkontakte, z. B. im Zulieferprozess bei Prototypen oder Mustern, stattfinden. Dies ist üblich nach dem System Design Review (SDR). Das Board ist besetzt mit Mitarbeitern der Entwicklung, Fertigung/Montage, Einkauf, Arbeitsvorbereitung, Qualitätswesen, Wartung und Instandhaltung. Das CCB ist für die Überprüfung, Genehmigung und Fortschrittskontrolle der Änderungen verantwortlich. Nach Bedarf ist der Kunde in diesen Prozess einzubeziehen. Dazu ist ein formaler Ablauf notwendig, der aus folgenden Schritten besteht:

- Problemidentifizierung und Lösungsvorschlag (Problem Resolution),
- Änderungsvorschlag (Change Proposal),
- Änderungsgenehmigung (Change Approval) und
- Änderungsdurchführung (Change Implementation).

Dokumentation des Konfigurationsstatus

Dies ist die Tätigkeit innerhalb des CM, die die Information und Dokumentation über eine aktuelle und genehmigte baseline sowie den Fortschritt und Status einer darauf basierenden genehmigten Änderung betrifft. Sie wird in drei Schritte eingeteilt:

- *Informationssammlung (data capturing);*
Hierunter fallen alle vertraglich zu liefernden Informationen sowie alle weiteren internen Daten, die die Änderung betreffen, z. B. Änderungsalternativen, -anträge, -genehmigungen, Durchführungsvorschriften und Austauschmaßnahmen. Die Daten liegen i. d. R. verteilt in verschiedenen PC-Datenbanken oder auf Papier vor.
- *Informationsaufbereitung (data processing);*
Dieser Schritt bereitet die vertraglich benötigten Informationen in einer für den Kunden verarbeitbaren Form auf. Die Festlegung dieses Formats ist entweder in einer Norm, z. B. dem MIL-STD 2549 oder den Vertragsbedingungen des Kunden festgeschrieben.
- *Informationsverteilung (data reporting);*
Hierunter fallen alle internen und/oder externen Berichte in Papier oder DV-Form, die die Änderung betreffen.

Überprüfung von Konfigurationen

Die Überprüfung der Konfigurationen erfolgt durch Audits. Es werden zwei Kategorien unterschieden:

- Funktionales Konfigurations Audit (Functional Configuration Audit = FCA) sowie
- Physikalisches Konfigurations Audit (Physical Configuration Audit = PCA).

Das FCA bezieht sich auf den von der Entwicklung vorgelegten Prototypen und überprüft, ob die festgelegten Anforderungen und Spezifikationen erfüllt werden. Das PCA nimmt Bezug auf die erste produzierte Einheit und vergleicht alle produktbeschreibenden Dokumente mit dem produzierten Status. Dies beinhaltet alle Anweisungen, Arbeitsabläufe und technischen Daten der Spezifikation und Entwurfsdokumente. Die Festlegungen der Audits entsprechen der amerikanischen Norm. Sie sind teilweise überlappend mit den in europäischen Unternehmen eingeführten Entwicklungsreviews und FMEA's³.

So zielen letztendlich alle Aktivitäten im Rahmen des CM darauf ab, zu jedem Zeitpunkt während des Lebenslaufs eines Produkts über seinen Zustand und aufgrund welcher Maßnahmen es zu diesem Zustand gekommen ist, Auskunft geben zu können. Diese Nachweisführung ist nicht zuletzt im Zuge der Produkthaftung von Bedeutung.

Ein effektives Änderungsmanagement ist die entscheidende Voraussetzung für den Projekterfolg und für eine optimale Kundenorientierung. Es stellt zu-

³ FMEA = Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse

dem sicher, dass die Änderungen identisch am Produkt und an der zugehörigen Dokumentation durchgeführt werden.

Somit wird erreicht, dass die der Dokumentation widerspiegelnde Konfiguration mit der tatsächlich realisierten Produktkonfiguration deckungsgleich ist. Unter Änderungen sind dabei alle für das Projektziel oder den Produktherstellungsprozess erforderlichen Überarbeitungen zu verstehen.

Abbildung 5–37 dokumentiert die Zusammenhänge zwischen der Produktstruktur, die in Form einer Stückliste hierarchische Strukturen von Erzeugnissen, Komponenten, Software, Baugruppen, Teilen, Halbfabrikaten und Materialien beschreibt, und den Dokumenten bzw. der Dokumentenstruktur. Die verschiedenen Dokumententypen, z. B. bezogen auf das Autorensystem CAD, DTP, CAE, NC, Textsystemen sowie manuell erstellte und eventuell rasterisierte Unterlagen, sind direkt oder über wiederum strukturierte Beziehungen mit der Produktstruktur verbunden.

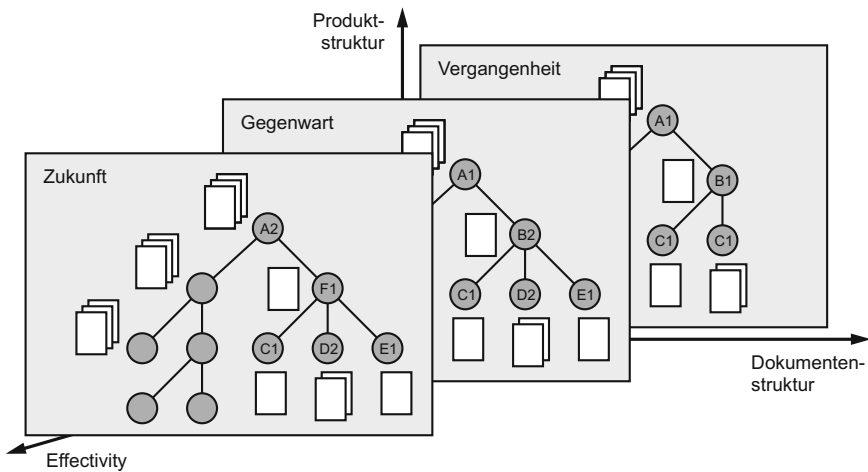


Abb. 5–37 Konfigurationsmanagement basiert auf der sog. Effectivity (= Gültigkeit)

Die Verknüpfung der relevanten Dokumente mit den Produktstammdaten ist die Grundlage der entsprechenden Paragraphen sowohl in der ISO 9001 als auch in der Produkthaftungsgesetzgebung. Das Beispiel basiert auf den Konfigurationen aus Abb. 5–34 und 5–35 und stellt die *Effectivity* oder *Gültigkeit* durch den Änderungsindex ($B1 \rightarrow B2$) bzw. durch Änderung der Sachnummer bei einer inkompatiblen Änderung ($B2 \rightarrow F1$). Man erkennt daran, dass auch mit dem normalen Änderungswesen bereits eine von der ISO 9001 geforderte Rückverfolgung der Produkte möglich ist. Das bedeutet, dass genau zu einer durch ein eindeutiges Datum bestimmten Effectivität eine eindeutige Produkt- und Dokumentenkonfiguration existiert, die vom System jederzeit wieder abgerufen werden kann.

Wesentlich für die Beschreibung der Konfigurationszustände ist in jedem Fall die Effectivity oder Gültigkeit. Diese beschreibt den Gültigkeitszeitraum einer Konfiguration bzw. den über die Zeitachse sich ändernden Produktzustand. Die Effectivity ist je nach Produktions- und Auslieferungsart definiert

- durch den Änderungsindex bei Konsumgütern und auftragspezifischen Großserienprodukten (↪ Die Gültigkeit eines Produktes ist immer direkt auf die Zeitachse bezogen, da eine Kombination einer Sachnummer mit einem bestimmten Änderungsindex nur zu einem definierten Zeitraum gültig ist) und
- über die Serien- oder Seriennummer (↪ Serial Number) bei Investitionsgütern in kleiner bis mittlerer Stückzahl (typisch für Aerospace&Defense sowie Transportation).

Aus Abb. 5–38 erkennt man den Unterschied zum „normalen“ Änderungsmanagement. Durch die eindeutige Zuordnung einer Sachnummer und eines Änderungsindex zu einer Seriennummer kann die enge zeitliche Bindung aufgehoben werden, d. h. eine Sachnummer kann mit verschiedenen Versionen in einem gleichen Zeitraum existieren.

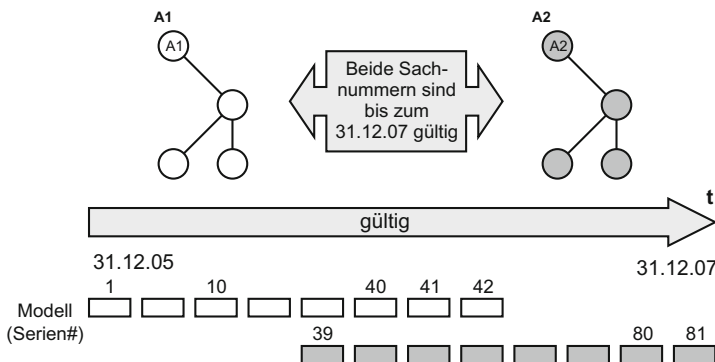


Abb. 5–38 Zuordnung von Sachnummer und Änderungsindex zu Seriennummer (Quelle: usb)

In der Realität des Konstruktionsablaufs spielt die Produktstruktur in den jeweiligen Phasen des Produktlebenslaufes eine wesentliche Rolle (Abb. 5–40).

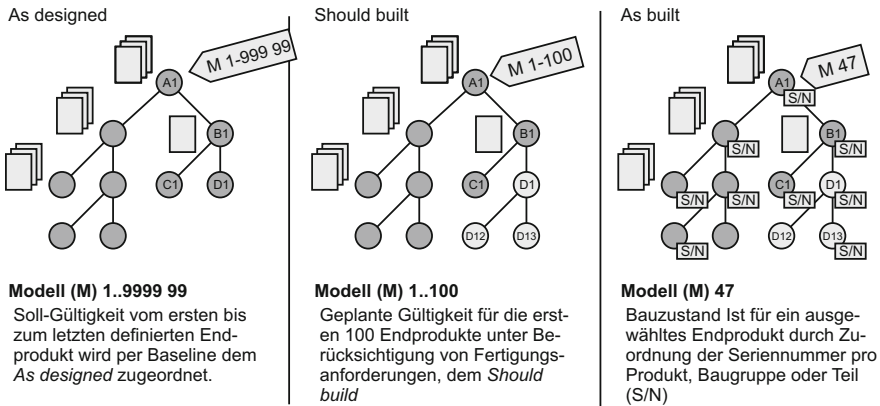


Abb. 5–39 Produktstruktur und Bauzustand (Quelle: usb)

Die drei wesentlichen Phasen bis zur Auslieferung des Produktes werden durch die folgenden Produktstrukturen dargestellt:

- *As Designed* (Entwurfsstückliste = konstruktives Soll),
- *Should Build* (Konstruktionsstückliste = fertigungstechnisches Soll) und
- *As Built* (Fertigungsstückliste, die den Ist-Zustand einer Modellausprägung beschreibt).

Darüber hinaus existiert zur Beschreibung des Bauzustandes in der Betriebsphase die sog. *As Maintained*-Struktur. Diese repräsentiert den durch Wartung und Umbau jeweils aktuellen Bauzustand in der Betriebsphase.

Nachfolgend soll anhand des bereits bekannten Beispiels eine Änderung und deren Einführung für bestimmte Seriennummern grafisch dargestellt werden. Abbildung 5–40 stellt in der *As Designed*-Struktur die Planung für das Modell M 1 für die ersten 100 Seriennummern dar. Das bedeutet, dass die Baugruppe B1 für die ersten 50 Modelle fest eingeplant ist.

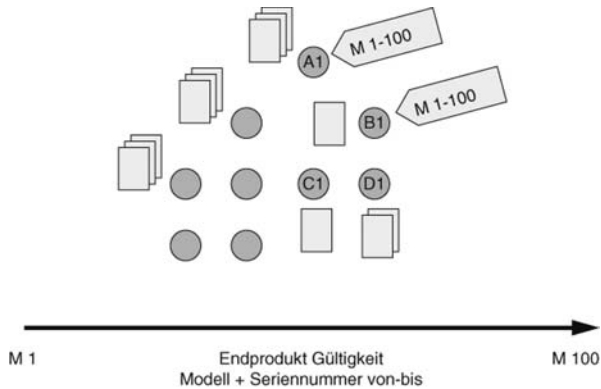


Abb. 5-40 Konstruktives Soll (As Designed) vor Änderung (Quelle: usb)

In Abbildung 5-41 wird die Ausführung und Zuweisung einer kompatiblen Änderung in der Phase der Konstruktion (Should Build) gezeigt.

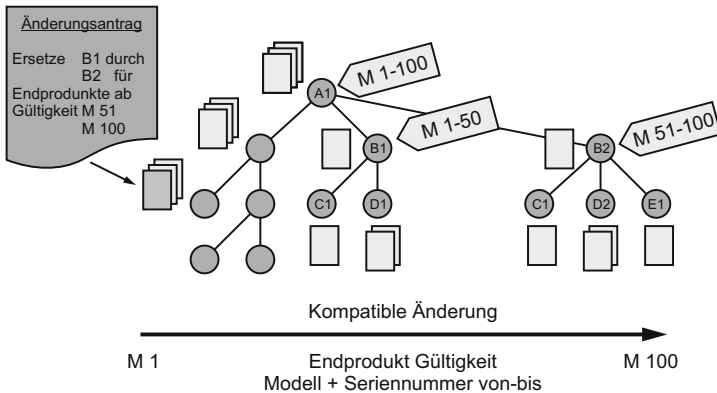


Abb. 5-41 Fertigungstechnisches Soll (Should Build) nach kompatibler Änderung (Quelle: usb)

Den identischen Vorgang für eine inkompatible Änderung zeigt Abb. 5-42. Die Baugruppe B1 wurde ab der Seriennummer 51 durch die inkompatible Baugruppe F1 ersetzt.

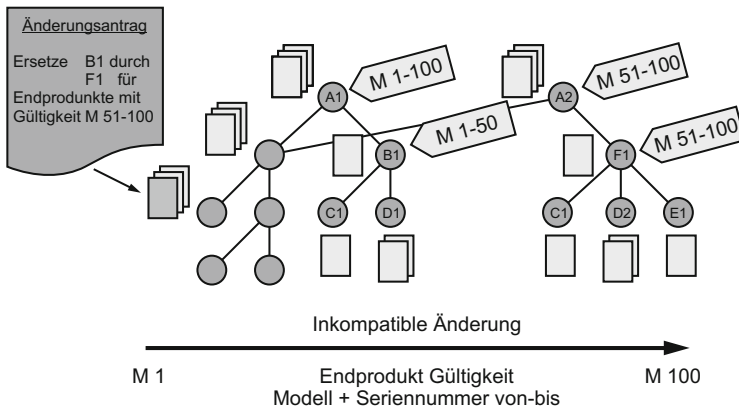


Abb. 5–42 Fertigungstechnisches Soll (Should Build) nach inkompatibler Änderung (Quelle: usb)

Das Konfigurationsmanagement bedarf zu seiner betrieblichen Umsetzung einer Vielzahl von *Regeln und Verfahrensvorschriften*, die teils international und/oder national genormt sind, teils aber auch einen breiten betriebsspezifischen Interpretationsspielraum freilassen, der von Betrieb zu Betrieb zu abweichenden Lösungen geführt hat und auch zukünftig führen wird.

Konfigurationsmanagement wird vielfach mit anderen Methoden kombiniert, um eine vollständige Verwaltung des Produktlebenszyklus aufzubauen. Dies sind u. a.:

- RTM (Requirement and Traceability Management) und
- MRO (Maintenance, Repair and Overhaul Management).

Anmerkung:

Im deutschen Sprachgebrauch wird der Begriff Konfiguration auch für die aus einem Variantenkonfigurator über eine Auftragspezifikation generierte Produktstruktur verwendet. Im Sinne der CM-relevanten Gesetze und Normen ist es wesentlich von einer Gesamtkonfiguration zu sprechen, die einerseits aus der resultierenden Variante und andererseits aus dem aktuellen Änderungsstand eindeutig definiert ist.

Literatur

- ARN-05 Arnold, V. et al.: Product Lifecycle Management beherrschen. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2005
- AWF-68 Handbuch der Arbeitsvorbereitung, Teil 1 Arbeitsplanung. Herausgegeben von AWF-EV und REFA e.V., Beuth Verlag 1968

- BER-68 Berr, U.; Papendieck, A.J.: Grundlagen der Stücklistenauflösung, Teilebedarfsermittlung und Theorie der Graphen (I). Werkstattstechnik 58 (1968)
- DDL-99 David, D. Lyon: Practical CM – Best Configuration Management Practices for the Twenty First Century; Second Edition, RAVEN Publishing Company 1999
- DIN 6789 DIM 6789: Dokumentationswesen. Beuth Verlag 2003
- DIN 1463 DIN 1463: Erstellung und Weiterentwicklung von Thesauri. Beuth Verlag 1987
- EHA-98 Eigner, M.; Haesner, D.: Konfigurationsmanagement als integrierter Teil von PDM. EDM-Report 6 (1998) 3
- EHS-91 Eigner, M.; Hiller, C.; Schindewolf, St.; Schmich, M.: Engineering Database – Strategische Komponente in CIM-Konzepten. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1991
- EIG-91 Eigner, M. u. a.: Engineering Database – Strategische Komponente in CIM-Konzepten. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1991
- ERP-87 ERP Fachmann: Grundlagen, Planung, Steuerung, RKW, Bd. 1-6, Verlag TÜV Rheinland 1987
- GEI-87 Geitner, U.W.: Betriebsinformatik für Produktionsbetriebe. REFA 1987
- GRP-87 Grupp, B.: Optimale Verschlüsselung bei Online Datenverarbeitung. Köln: Verlag TÜV Rheinland 1987
- JAH-79 Jahn, B.: Gestaltung leistungsfähiger Nummernsysteme für die DV Organisation. München: Minerva Publication 1979
- LIT-95 Littleavon, P.: Configuration Management – an Overview. Engineering Data Newsletter Volume 3 (1995) 9
- MUE-07 Müller, A.: Engineering Change Management. CAD/CAM-Report 26 (2007) 11
- MUS-00 Muschiol, M.: Digitale Archivierung – Grundlage für ein modernes Konstruktionsdatenmanagement. Konstruktion 52 (2000) 5
- SAN-02 Sanders, S.; u. a.: Anwendungsszenarien für Klassensysteme im Product Lifecycle Management. ZWF 97 (2002) 10
- SAN-03 Sanders, S.; u. a.: Produktdatenmodellierung und -austausch. ZWF 98 (2003) 11
- SCL-02 Schönleben, P.: Integrales Logistikmanagement. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2002
- VDI 2215 Datenverarbeitung in der Konstruktion; Organisatorische Voraussetzungen und allgemeine Hilfsmittel. VDI Richtlinie 2215 1980
- VDI-78 Elektronische Datenverarbeitung bei der Produktionsplanung und –steuerung, VDI Taschenbuch T 81, VDI Verlag Düsseldorf 1978
- WET--67 Wetzel, R.: Systematik und Aufbau von Stücklisten. IBM Firmenveröffentlichung, IBM Form 80512-1 1967
- WZE-05 Weidlich, R.; Zagel, M.; Eigner, M.: The Conceptual Product Structure as Backbone of the Early Product Development Process. ProS-TEP iViP Science Days Darmstadt 2005

- ZAG-06 Zagel, M.: Übergreifendes Konzept zur Strukturierung variantenreicher Produkte und Vorgehensweise zur iterativen Produktstruktur-Optimierung. VPE Schriftenreihe, Band1, TU Kaiserslautern 2006

6 Komponenten und Kernfunktionen einer PLM-Lösung

Nach den vorangegangenen methodischen Ausführungen soll in diesem Kapitel ein Überblick über die zentralen Kernfunktionen einer PDM/PLM-Lösung durch in der industriellen Praxis gewonnene Erfahrungen und Beispiele gegeben werden. Die Grundlage bilden die klassischen Funktionen der Produktdatenverwaltung. Dabei wird nach der Diskussion von Stammdaten und Produktstruktur ausführlich auf die Komponenten des Dokumentenmanagements eingegangen. Darauf aufbauend werden die Grundlagen der Klassifikation sowie die Prozesse innerhalb des Freigabe- und Änderungswesens besprochen. Eine wesentliche Erweiterung des PDM-Ansatzes in Richtung einer PLM-Lösung spiegelt sich vor allem in solchen Moduln wider, die es ermöglichen, die Einsatzgrenzen der Produktentwicklung zu sprengen. Dazu gehören Funktionen zur Unterstützung verteilt arbeitender Teams (Collaboration), die Einbindung von Kunden, Zulieferern und Partnern sowie auch die Verfügbarkeit von Werkzeugen und Methoden zur Unterstützung der Managementaufgaben.

6.1 Produktstruktur und Stammdatenverwaltung

Die zentralen Objekte einer PLM-Lösung sind die, die zur Beschreibung der Komponenten eines Produktes erforderlich sind. Übergreifend spricht man meist von *Artikeln*. Gleichfalls häufig benutzte Begriffe, wie Teil oder Material, die vor allem in der Umgebung von ERP-Systemen geläufig sind, sollen hier als Synonyme betrachtet werden. Nur solche Einheiten können im Produktionsprozess erstellt, montiert oder zugepackt und als Artikel verwaltet werden. Dabei steht der Begriff Artikel also für eine Vielzahl sehr verschiedenartiger Bestandteile eines Produktes. Der Artikel hat keine Bindung an eine bestimmte Position in der Struktur des Produktes. So werden Einzelteile (also nicht weiter demontierbare Produktbestandteile) ebenso erfasst wie Baugruppen beliebiger Komplexität oder auch das gesamte Produkt. Die meisten anderen Objekte im PLM sind über Beziehungen an Artikel gebunden. Auch Dokumente, die z. B. als Resultat einer CAD-Konstruktion angelegt wurden, sind für die Fertigung erst relevant, wenn sie einem Artikel zugeordnet werden (vgl. auch Kap. 5). In [GRL-07] wird die Bedeutung eines systematischen Artikelmanagements beschrieben.

Auf der anderen Seite ist der Artikel auch der Anker für die Anbindung an das ERP-System, wo dem Artikel weitere, nicht in der Verantwortung der Entwicklung liegende Informationen zugeordnet werden und er schließlich für die Planung der Fertigung benutzt wird. Aus diesem Grund nimmt in PLM-Lösungen die Produktstruktur (also Artikel inklusive deren struktureller Verknüpfung) eine zentrale Stellung ein.

Abbildung 6–1 zeigt für heutige PLM-Lösungen typische Präsentationsarten. Sehr vorteilhaft ist es, wenn Informationen kombiniert in Form von Einzelfeldern (Bereich B), Listen (Bereich C) und einer baumartige Darstellung (Bereich A) verfügbar sind. Da für die meisten Artikel vereinfachte Geometrie-Modelle im PLM verfügbar sind, sollte auch eine grafische Darstellung möglich sein (Bereich D). Alle Bereiche sind üblicherweise miteinander synchronisiert.

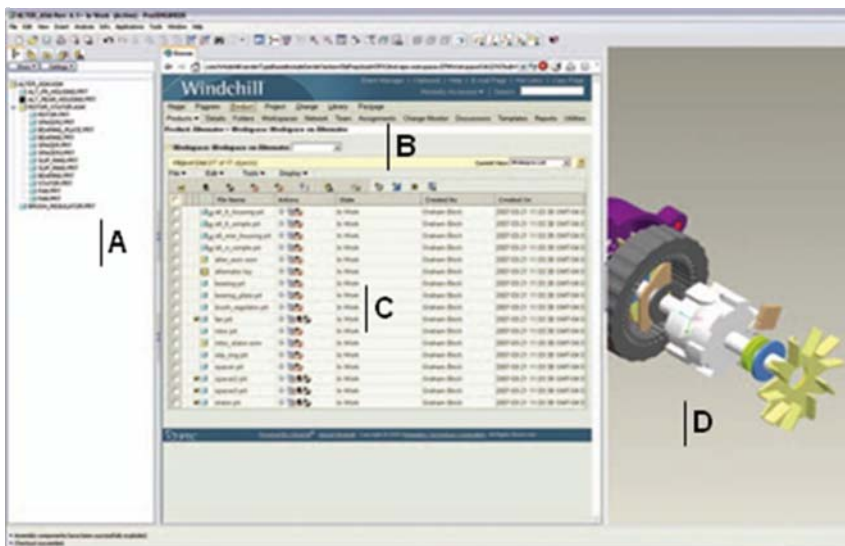


Abb. 6–1 Präsentation von Artikeln im Client einer PLM-Lösung
(Quelle: Windchill[®] Parametric Technology Corporation)

Als problematisch hat sich die Visualisierung von Strukturen und Abhängigkeiten in einer PLM-Lösung erwiesen. In Kap. 5 wurde bereits erläutert, wie vielfältig und teilweise auch äußerst komplex Produktstrukturen sein können. Daraus ergeben sich für die einzelnen Objekte im PLM, wie in Abb. 6–2 dargestellt, vielfältige strukturelle Beziehungen. So muss der Aufbau eines Artikels im Sinne der Strukturkomponenten ebenso dargestellt werden können, wie dessen Verwendung in übergeordneten Baugruppen. Da sich der Artikel selbst ebenso, wie dessen über- oder untergeordnete Komponenten in einem andauenden Änderungsprozess befinden, muss auch diese Änderungshistorie abgebildet werden. Weiterhin bestehen (jeweils wieder in Abhängig-

keit des betrachteten Änderungszustandes) Beziehungen zu einem oder mehreren Dokumenten oder Projekten.

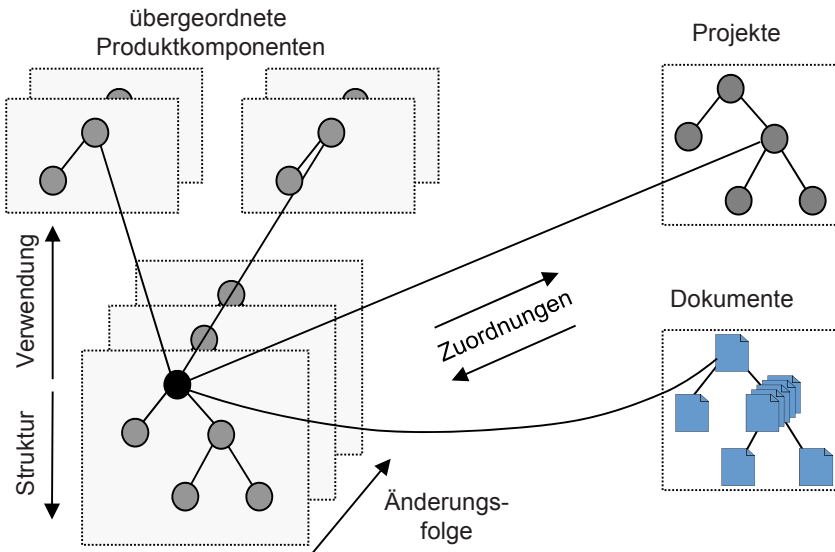


Abb. 6–2 Beziehungsnetz von Produktkomponenten in einer PLM-Lösung

Listendarstellungen, wie im Bereich C aus Abb. 6–1, können nur einen sehr eingeschränkten Komfort bieten. Aus diesem Grund gibt es vielfältige Ansätze, die strukturellen Verknüpfungen von Objekten im PLM übersichtlicher darzustellen. In den meisten Systemen findet man eine Browser-Darstellung, die sich am WINDOWS-Explorer orientiert (vgl. Bereich A in Abb. 6–1). Dabei ist diese für die Wiedergabe von Produktstrukturen eigentlich nicht besonders gut geeignet. Dies liegt daran, dass der Explorer für rein hierarchische Sachverhalte entwickelt wurde (Directory-Struktur), die Abhängigkeiten in einem Produkt jedoch netzartig sind. Die Anbieter der PLM-Lösungen behelfen sich, indem es ermöglicht wird, in der Browserdarstellung unterschiedliche Beziehungen gleichzeitig darzustellen. Abbildung 6–3 zeigt eine Darstellung, bei der der Nutzer über Buttons am unteren Rand des Browsers zwischen wichtigen Beziehungsarten wählen kann (hier: „Struktur“, „Verwendung in Dokumenten“, „Verwendung in Projekten“, „Verwendung in Artikeln“, „Dateien“ und „Historie“). Die aktuell gewählte Beziehungsart wird bei den folgenden Auflösungen verwendet (d. h., wenn eine weitere Strukturebene z. B. durch Klick auf das Plus-Zeichen geöffnet wird). Bereits dargestellte Beziehungen werden davon nicht berührt und es entsteht die Möglichkeit, auch unterschiedliche Beziehungsarten gleichzeitig im Browser darzustellen. So sieht man im Beispiel nach Abb. 6–3 die Darstellung einer gemischten Artikel- und Dokumentenstruktur eines Schaufelbaggers. In diese wären je

nach Bedarf weitere Informationen einblendbar, wie z. B. Historieneinträge oder Änderungsfolgen.

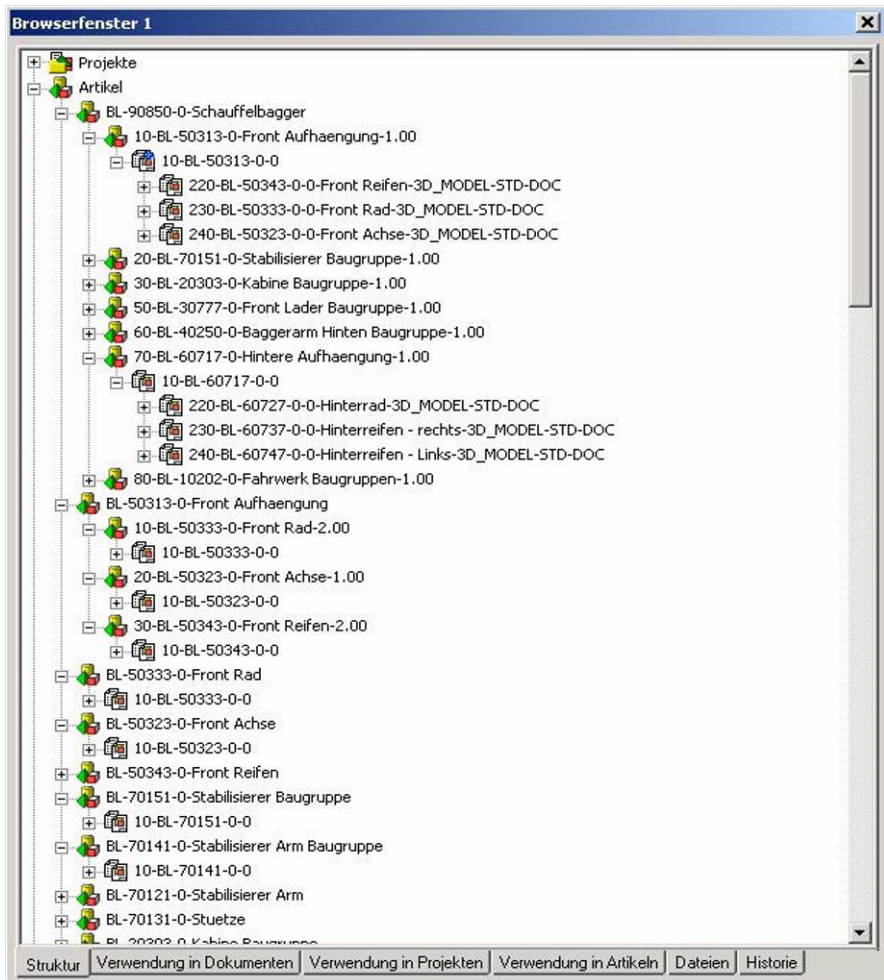


Abb. 6–3 Zusatzfunktionen eines Produktbrowsers (Quelle: ORACLE agile PLM©)

Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von Strukturviewern, die Abhängigkeiten in Form eines Graphen darstellen (Abb. 6–4). Nachteilig ist dabei, dass es zwar möglich ist, in den Knoten des Graphen recht viele Informationen unterzubringen, die Gesamtdarstellung dabei aber schnell viel zu groß und damit wieder unübersichtlich wird.

Viele PLM-Lösungen bieten deshalb die Möglichkeit an, die Daten zu den einzelnen Objekten (wie z. B. den Artikeln) in Kerndaten einschließlich der identifizierenden Daten, sowie eine Zusammenstellung aller weiteren Zusatz-

daten zu trennen. Diese können dann in verschiedenen Bereichen des Formulars angezeigt werden.

Zu den Kerndaten zählen alle Daten, die

- zur Identifikation benötigt werden;
hier: „Artikel Nr.“ + „Version“ + „Revision“
- für Angabe bei der Neuanlage Pflicht sind;
z. B. „Name“, „Prüfablauf“
- für die meisten Anwender zu den besonders häufig benötigten Daten gehören;
z. B. „Status“, „Gültig ab“, „Gültig bis“

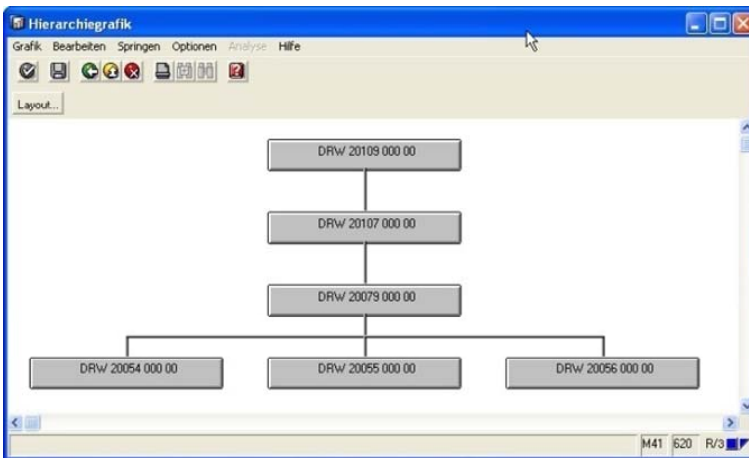


Abb. 6–4 Hierarchiegrafik als Beispiel eines Strukturgraphen (Quelle: mySAP PLM®)

Weitere Daten können dann zu Kategorien zusammengefasst und umschaltbar in einem reservierten Bereich des Formulars angeboten werden (Abb. 6–5).

Wünscht man weitere Detailinformationen zu einzelnen Elementen, so genügt ein einfacher Klick auf die entsprechende Position und ein weiteres Formular öffnet sich. Abb. 6–5 zeigt dies am Beispiel der Dokumentenzuordnung zu einem Artikel. Im Ausgangsformular eines Artikels (im Hintergrund) ist die Zusatzdarstellung über die Reiter auf „Dokumente“ gestellt, so dass in der Liste im unteren Formulateil alle zugeordneten Dokumente angezeigt werden. Wünscht man zu einem dieser Dokumente detailliertere Informationen, so öffnet sich das zugehörige Dokumentenformular (im Vordergrund), von dem man bei Bedarf weiter navigieren kann.

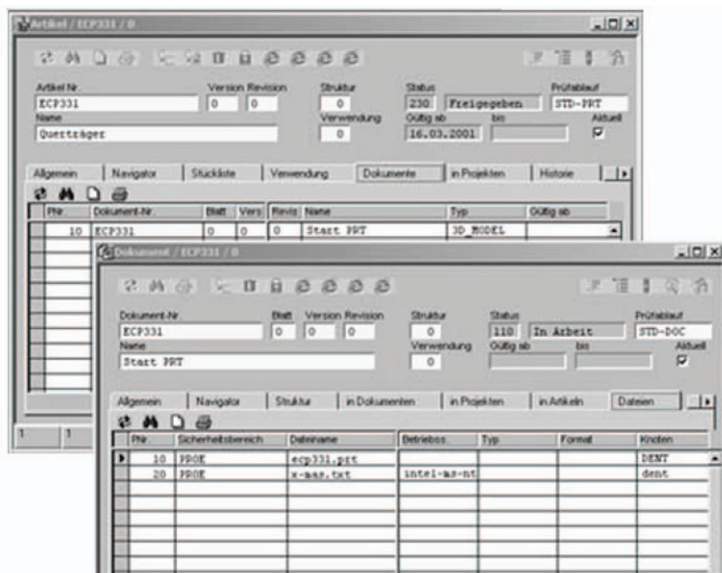


Abb. 6–5 Darstellung von Detailinformationen zu einem Listeneintrag (Quelle: ORACLE agile PLM®)

In Abbildung 6–6 ist dargestellt, wie auch mit teilweise recht einfachen Mitteln eine Unterstützung bei der Darstellung struktureller Zusammenhänge möglich ist.

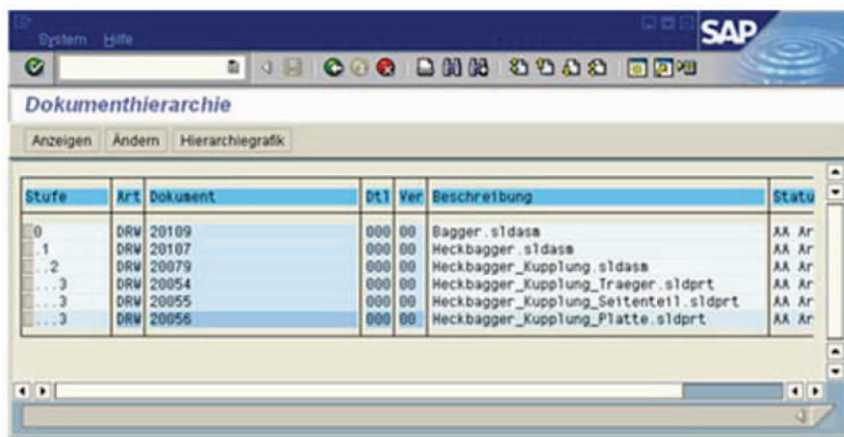


Abb. 6–6 Quasigrafische Darstellung einer Dokumenthierarchie (Quelle: mySAP PLM®)

Am Beispiel einer Dokumentenhierarchie sieht man, wie durch eine quasigrafische Darstellung der Strukturtiefe der einzelnen Komponenten mittels eingerückter Stufennummern bereits ein recht guter Eindruck des Aufbaus

erreicht wird. Wenn dies nicht reicht, kann dann unmittelbar auf die Hierarchiegrafik umgeschaltet werden (vgl. dazu Abb. 6–4).

Historie

An dieser Stelle soll auf eine spezielle Kategorie der Zusatzinformationen hingewiesen werden – die *Historie*. Für jedes Objekt im PLM, gleich, ob Artikel, Dokument oder Projekt, wird eine Art Protokoll geführt. Dieses beginnt mit der Erzeugung (ein Dokument wird z. B. beim erstmaligen einchecken des Geometrie-Files neu angelegt) und umfasst Angaben zu allen Eingriffen am Stammsatz, an evtl. zugeordneten Dateien sowie an der Struktur. Unter der Historie eines PLM-Objektes versteht man eine lückenlose Zusammenstellung aller an dem Objekt durchgeführten Änderungen. Diese werden listenförmig erfasst und laufend sequenziell fortgeschrieben. Abgeschlossen wird die Historie eines Objektes mit dessen Deaktivierung. Dabei verfolgen die verschiedenen PLM-Ansätze unterschiedliche Strategien, die vom Verfolgen quasi jeden Zugriffes auf das Objekt bis zur ausschließlichen Aufzeichnung von Freigabe- und Änderungsschritten reichen. Abbildung 6–7 zeigt z. B. die Historienliste eines Artikels mit einigen der wichtigsten Historiendaten, wie sie für das System ORACLE agile PLM© üblich sind.

Funktion	Datum	Name	Status	Reifegrad	A	Bemerkung
INSERT	08.12.2000 19:29:50	EDBCUSTO	In Arbeit	Entwicklung		
TRANSITION	16.03.2001 14:00:43	EDBCUSTO	In Prüfung	Entwicklung	✓	
TRANSITION	16.03.2001 14:01:00	EDBCUSTO	Freigegeben	Serie	✓	

Abb. 6–7 Historie eines PLM-Objektes (Quelle: ORACLE agile PLM©)

Die Funktion der Historie gliedert die möglichen Ereignisse, die in der Historie eingetragen werden. „INSERT“ beschreibt die Neuanlage des Artikels, eine „TRANSITION“ zeigt einen am Artikel vorgenommenen Statuswechsel an. *Datum* und *Name* geben an, wer wann für die Änderung verantwortlich zeichnet. Status und Reifegrad informieren über die Position im Freigabeab-

lauf, zu der die durchgeführte Funktion geführt hat. In Abb. 6–8 ist eine etwas anders aufgebaute Form der Historie dargestellt. Diese beschränkt sich auf die Übersicht der Freigabestatus.

Übrigens führt eine zurückgenommene Änderung am Objekt, z. B. die Zurückweisung eines Statuswechsels, die zur Wiederherstellung des Vorgängerstatus führt, natürlich nicht etwa zu einem Löschen eines Eintrages in der Historie. Vielmehr sind alle derartigen Schleifen im Freigabeablauf über die Historie jederzeit nachvollziehbar. Manuell hinzugefügte Informationen in der Historie sind zumeist auch möglich. So kann auf besonders wichtige Ereignisse oder zu beachtende Sachverhalte hingewiesen werden. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass in einem PLM System keine Objekte physisch gelöscht werden dürfen. Würde man dies zulassen, so gäbe es später keine Möglichkeit mehr, den Zustand eines Produktes zu einem beliebigen Zeitpunkt eindeutig zu rekonstruieren. Von dieser Regel gibt es lediglich zwei Ausnahmen:

1. Objekte, die noch nie den Zustand „In Arbeit“ verlassen haben, dürfen vom verantwortlichen Mitarbeiter gelöscht werden, da diese Objekte an keiner produktiven Verwendung beteiligt sein können.
2. Objekte die eine festgelegte Sperrfrist überschritten haben, können evtl. gelöscht werden, da ein neuerlicher Zugriff sehr unwahrscheinlich ist. Allerdings wird man auch in diesem Fall lieber eine Auslagerung vornehmen, als die Daten wirklich zu löschen. Sollte im Rahmen der Produkthaftung ein Anspruch an das Unternehmen gestellt werden, so ist man darauf angewiesen, unter Umständen auch für bereits weit zurückliegende Produktrevisionen alle relevanten Unterlagen lückenlos nachzuweisen.

Nr.	Status	Beschreibung	gesetzt von	Datum	Uhrzeit	Protokollfeld	Inhaltsvers.	Dig. Sign.
0005	FR	freigegeben	BÖTTRICH	28.03.2008	11:50:49			
0004	PR	geprüft	BÖTTRICH	28.03.2008	11:50:20			
0003	AP	Prüfanforderung	BÖTTRICH	28.03.2008	11:50:11			
0002	IA	In Arbeit	BÖTTRICH	28.03.2008	11:49:36			
0001	AA	Arbeitsanf.	BÖTTRICH	26.06.2007	10:49:48			

Abb. 6–8 Historie in Form eines Statusprotokolls (Quelle: mySAP PLM®)

Oft reicht es nicht, lediglich über die Objekte selbst informiert zu werden. Die Existenz eines geänderten Objektes beginnt vielmehr mit der Erstellung der ersten Version und endet mit der Inaktivsetzung des Objektes der Versionskette, welches keinen Versionsnachfolger hat. Die verschiedenen Versionen stehen im Grunde für das logisch gleiche Produktelement. So ist oft ein Überblick über die Änderungen aller Versionselemente in der Reihenfolge der Entstehung notwendig. Dies wird z. B. oft beim Erzeugen einer Zeichnung benötigt, die im Schriftfeld sowohl Angaben über den ursprünglich verantwortlichen Konstrukteur (Angabe in der Historie des ersten Versionselementes) sowie Angaben über alle im Leben des Teiles vorgenommenen Änderungen (Angaben in den Historien der Versionsnachfolger) enthalten. Eine Zusammenfassung aller Einzelhistorien wird *Gesamthistorie* genannt. Zur Anwendung der Gesamthistorie werden in Kap. 7 einige besondere Aspekte noch näher besprochen.

6.2 Dokumentenmanagement

6.2.1 Metadaten

Im Rahmen des Dokumentenmanagements wird unter einem Dokument zumeist ein „elektronisches Dokument“ verstanden. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, dass es als geschlossene Einheit schwach- oder unstrukturierter Informationen in einem File repräsentiert wird. Der Inhalt dieses Files ist für die PLM-Lösung unerheblich. Man spricht deshalb häufig umgangssprachlich auch von sog. „Konserven“. Wird z. B. eine im CAD-System erzeugte Zeichnung gespeichert, so ist der Drawing-File dieses elektronische Dokument.

Bei der Verwaltung im PLM muss somit zum einen die sichere Ablage dieser Files erreicht werden. Zum anderen werden solche Angaben verwaltet, die das Dokument identifizieren, klassifizieren und beschreiben. Man nennt diese Daten *Metadaten*. Wichtige Metadaten einer CAD-Zeichnung sind u. a. alle im Schriftfeld der Zeichnung enthaltenen Angaben.

Metadaten und Dokumenten-Files unterscheiden sich dabei in einer Vielzahl, von für das Management sehr wichtigen Kriterien, wie aus Tabelle 6–1 zu ersehen ist. Auf Grund dieser unterschiedlichen Eigenschaften (Speicherbedarf, Codierung) und funktionellen Ansprüchen (Selektion, Änderung) erfolgt auch eine unterschiedliche Verwaltung im PLM. Dabei werden die Metadaten generell in Feldern von Tabellen einer Datenbank abgelegt.

Tabelle 6–1 Vergleich von Metadaten und Dokumenten-Files

Kriterium	Metadaten	Files
Speicherbedarf	gering (Bytes bis wenige Kilobytes)	hoch bis sehr hoch (Kilobytes bis zu vielen Megabytes)
typische Codierung	alphanumerische und Sonderzeichen	Binär-Files
Benutzung für die Selektion der Dokumente	ja	nur eingeschränkt möglich (Fulltext-Retrieval)
Änderung im PLM	ja	nein

Die Files wiederum liegen entweder in einem eigenen Datenbankbereich oder in einem geschützten Bereich außerhalb der Datenbank (vgl. Kap. 6.2). Die Zuordnung geschieht über ein spezielles Objekt-File im Datenmodell der PLM-Lösung, das den Dokumenten den Ablagebereich der Files und den File-Namen zuordnet (Abb. 6–9).

Je nach Zahl der Files sowie der Struktur des lokalen oder auch standort-übergreifenden Rechnernetzes kann es einen einzelnen Ablagebereich oder auch beliebig viele Ablagebereiche geben. Die in Kap. 5.4 besprochenen wesentlichen Merkmale von Dokumenten werden als Metadaten gespeichert. Bei der Verwaltung müssen demnach identifizierende und beschreibende Daten unterschieden werden.

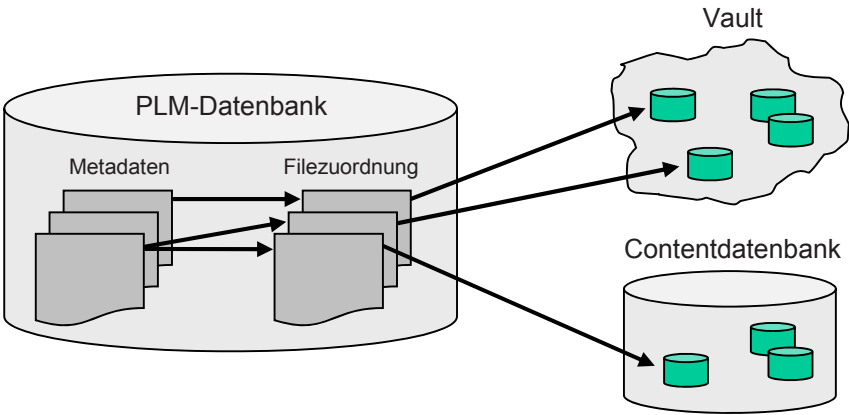


Abb. 6–9 Metadaten und File-Verwaltung

Identifizierende Daten

Eine besondere Bedeutung innerhalb der Metadaten nehmen die für eine eindeutige Identifizierung eines Dokumentes erforderlichen Daten ein. Dokumentennummer, Blattnummer sowie Änderungsindex gemeinsam sind für die eindeutige Ablage sowie das Wiederauffinden eines Dokumentes ausreichend.

Sie kennzeichnen das Dokument nach außen, also aus Sicht des Nutzers. Die Datenbank selbst ergänzt intern weitere Identifikatoren, welche nach außen normalerweise unsichtbar bleiben, vgl. dazu die Ausführungen in Kap. 9. Damit sollen im weiteren *externe Schlüssel* und *interne Schlüssel* unterschieden werden.

Die wichtigste Komponente des externen Schlüssels ist die Dokumentennummer. Diese ist selbst wiederum logisch entsprechend des benutzten Nummernsystems gegliedert (vgl. Kap. 5.1). Die Dokumentennummer kann in der Datenbank in einem einzigen Feld oder verteilt in mehrere separate Felder abgelegt werden (Abb. 6–10). Die besonders einfache Administration in einem einzigen Feld bietet sich bei allen Nummern an, die selbst wenig strukturiert sind. Komplexer aufgebaute Nummern, deren Komponenten selbst wiederum jeweils eine eigene Semantik besitzen, können sehr vorteilhaft in mehreren Datenbankfeldern abgelegt werden.

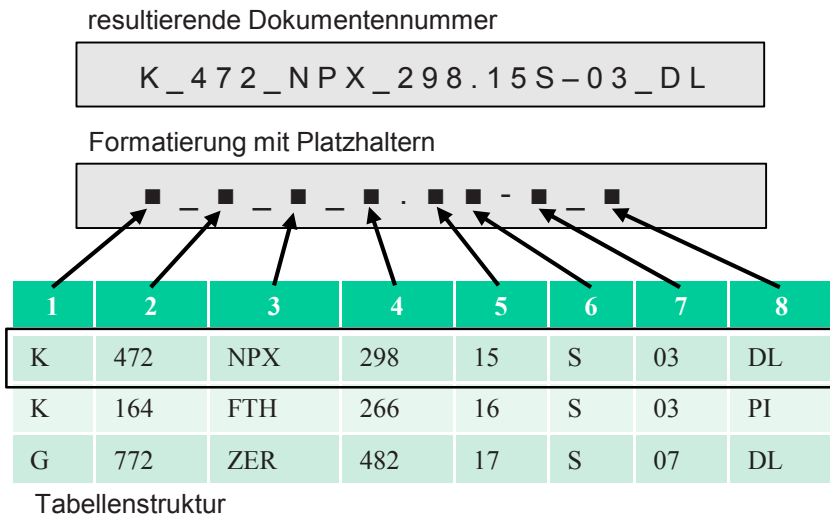


Abb. 6–10 Strukturierung identifizierender Metadaten

Dadurch hat man die Möglichkeit

- auf die Komponente bezogene Eingabehilfen bereitzustellen;
- besonders hochwertige syntaktische und semantische Kontrollfunktionen für Eingabe und Änderung bereitzustellen;
- angepasste Such- und Sortierfunktionen anzubieten.

Die Dokumentennummer selbst identifiziert nur ein logisches Dokument eindeutig, d. h. zum Beispiel die technische Zeichnung eines ganz bestimmten Artikels. Dieses Dokument kann im Laufe der Lebenszeit des Produktes mehrfach geändert worden sein. Jede dieser einzelnen Änderungszustände wird im PLM getrennt abgelegt und auch permanent gespeichert. Sie alle haben die

gleiche Dokumentennummer und werden durch einen an den Änderungszustand gebundenen Index, den Änderungsindex, gekennzeichnet. Dieser kann sowohl numerisch als (häufig benutzt) auch eine Buchstabenfolge sein. Für den Dialog ist der Änderungsindex nur bei der Erstanlage eines Dokumentes zugänglich. Dadurch können auch solche Dokumente in das PLM eingepflegt werden, die bereits zuvor konventionell geändert wurden. Bei nachfolgenden Änderungen innerhalb des PLM wird der Index dann ausschließlich vom System selbst geändert und ist für den Anwender gesperrt. Im Falle, dass mehrere Blätter einer Zeichnung verwaltet werden, kann auch die Blattnummer Teil der Identifikation sein. Da die PLM-Datenbank eine absolut eindeutige Kennzeichnung eines Dokumentes fordert, werden die genannten einzelnen Informationen zu einer logischen Gesamtidentifikation zusammengesetzt und in der Datenbank als sog. Index vereinbart. Ein derartiger Index erlaubt neben der Garantie, dass nur über alle Bestandteile des Index eindeutige Dokumente angelegt werden können, vor allem auch einen schnelleren Zugriff auf ein einzelnes Dokument sowie eine schnelle Möglichkeit der Sortierung. Heutige PLM-Lösungen sind durch eine zunehmende Zahl gekoppelter Autorensysteme gekennzeichnet. Das hat zur Folge, dass zum einen die Zahl der in einem System verwalteten Dokumente schnell sehr groß wird. Mehrere 100.000 Dokumente, oft auch über 1.000.000 Dokumente sind da keine Seltenheit. In [ASO-04] ist eine Lösung vorgestellt, in der 200 Millionen Dokumente verwaltet werden. Zusätzlich sind diese Dokumente auch inhaltlich sehr unterschiedlich und erfordern deshalb oft unterschiedliche Metadaten zu ihrer Beschreibung. Um diesem Umstand besser gerecht werden zu können, gibt es oft die Möglichkeit, mehrere voneinander getrennte Ordnungsbereiche für die Metadaten einzurichten. Man spricht dann von *Dokumententypen*. Die Dokumententypen können nach den verschiedensten Kriterien festgelegt werden. Dies richtet sich immer nach der konkreten Anwendung. Oft findet man Gliederungen nach den verwendeten Erzeugersystemen (AutoCAD-Zeichnungen, CATIA-Modelle, EXCEL-Sheets, WORD-Dokumente, ...). Dies erscheint zwar auf den ersten Blick als sinnvoll, erschwert aber den Zugriff auf ein gesuchtes Dokument sehr. So ist es z. B. oft gar nicht mehr nachvollziehbar, ob eine bestimmte Tabelle mit einem Grafikprogramm, einer Tabellenkalkulation oder einem Textbearbeitungssystem erstellt wurde.

Sinnvoller ist die Gliederung nach funktionellen Aspekten, wie

- Modelle,
- Zeichnungen,
- NC-Programme,
- Code der Steuersoftware,
- ...

Bei der Festlegung einheitlicher und Hersteller übergreifender Dokumententypen sollten die Empfehlungen in EN 61355 „Klassifikation und Kenn-

zeichnung von Dokumenten für Anlagen, Systeme und Einrichtungen“⁴¹ beachtet werden. Allerdings kann man keine generelle Regel festlegen und muss die erforderlichen und sinnvollen Typen im jeweiligen Projekt entscheiden. Die PLM-Lösungen erlauben meist die Definition beliebig vieler verschiedener Dokumententypen. Dabei ist es auch gebräuchlich, die Metadaten in zwei Gruppen aufzuteilen. Einmal in solche, die allen Dokumenten gleich sind (Nummer, Benennung) und zum anderen in solche, die nur der jeweilige Typ besitzt (Blattnummer bei Zeichnungen, Zeichen- oder Wortzahl bei Office-Dokumenten, Gewicht bei Modellen, ...). Die gemeinsamen Stammdaten und die jeweiligen Typdaten können dann in verschiedenen Tabellen abgelegt werden. Dies hat den Vorteil, dass die Tabellen der Datenbank nicht zu groß werden und bei einzelnen Dokumenten keine nicht benötigten Felder leer mitgeführt werden müssen (Abb. 6–11).

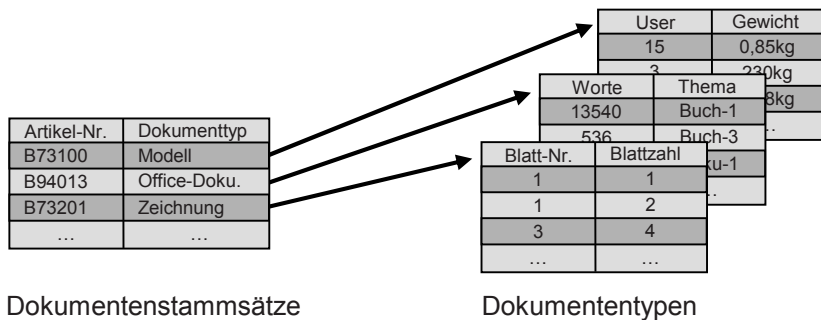


Abb. 6–11 Zuordnung von Dokumententypen zu Stammsätzen

Nachteilig sind allerdings die komplexere Struktur der internen Darstellung sowie ein umständlicherer Zugriff auf die Daten. Stellt man alle Dokumente unabhängig ihrer Typzugehörigkeit zusammen, so sind nur die gemeinsamen Stammdaten zugänglich. Will man alle Detailinformationen sehen, so muss man die Suche auf einen einzelnen Dokumententyp einschränken.

Eine häufig diskutierte Frage ist die nach der rechtlichen Verbindlichkeit, der im PLM gespeicherten Dokumente. Vor allem, wenn auch kommerzielle Dokumente archiviert werden, ist die sog. revisionssichere Ablage wichtig. Diese ist dann gegeben, wenn den Anforderungen des Handelsgesetzbuches (HGB) §§239, 257, den Grundsätzen ordnungsmäßiger DV-gestützter Buchführungssysteme (GoBS) sowie der Abgabenordnung (AO) entsprochen wird. Darüber hinaus müssen die dem Dokument zugeordneten Dateien entsprechend den Aufbewahrungsfristen (mindestens 6-10 Jahre) verfügbar sein. Weitere Informationen zu diesem Thema sind in den „Grundsätzen der elektronischen Archivierung“ des Verbandes Organisations- und Informationssys-

⁴¹ international inhaltsgleich geführt unter der Bezeichnung IEC 61355 „Classification and designation of documents for plants, systems and equipment“

teme e.V. [KAM-97] sowie in den einschlägigen internationalen Normen, u. a. ISO 14721 [ISO 14721] und ISO 15489 [ISO 15489] beschrieben. Weitere Aspekte zu dieser Problematik werden auch in [KRA-99] beschrieben.

6.2.2 File-Management

Auch die Files könnte man direkt in der Datenbank ablegen. Dafür stellen moderne Datenbanken entsprechende spezielle Datentypen bereit, die *binary large objects* (kurz: BLOBs) genannt werden. Ein BLOB ist ein großes binäres und damit für die Datenbank nicht weiter strukturiertes Objekt. Darauf basierend können auch sehr große Datenmengen (u. a. komplette Files) als Feldinhalt gemeinsam mit den Metadaten abgespeichert werden. Dem Vorteil der einheitlichen Behandlung der unterschiedlichen Objekte stehen jedoch auch Nachteile gegenüber. Vor allem auf die folgenden Aspekte soll hingewiesen werden:

- Der Zugriff auf die Files geschieht nie direkt auf den Originalen. Das heißt, zur Bearbeitung muss immer eine Kopie der Files angelegt werden. Dabei ist die Übertragungsgeschwindigkeit eines der wesentlichsten Kriterien. Der Zugriff auf Files, welche in der Datenbank abgelegt sind, ist hier mit beträchtlichen Einbußen an Performance verbunden.
- Die in vielen Anwendungen anfallenden Mengen an teilweise sehr großen Files, führt zu riesigen Datenvolumen (Terrabytes). Derartige Datenbanken lassen sich nicht mehr vernünftig warten.
- Viele Unternehmen fordern aus Sicherheitsgründen die Möglichkeit auf Files zuzugreifen, auch wenn zentrale Dienste, wie die Datenbank, ausgefallen sind.

So speichert man die Dokumenten-Files auch heute noch zumeist außerhalb der Datenbank direkt in geschützten Bereichen eines Datenträgers, meist einer Festplatte. Mittelfristig kann es hier aber durchaus zu einer veränderten Betrachtung kommen. Die Bereiche der System-File-Verwaltung, die der Ablage von Files der File-Verwaltung dienen, werden Sicherheitsbereiche oder Vaults genannt. Dabei unterscheidet man die aktiven, für den sofortigen Zugriff benötigten Bereiche und solche, die für die Langzeitarchivierung vorgesehen sind. Die aktiven Arbeitsbereiche werden auf Festplattenspeichern angelegt. Die Ablage erfolgt dabei in Directories, die der Steuerung des Betriebssystems unterliegen. Dabei sind meist mehr als ein einziger Speicherbereich vorhanden. Dies geschieht zum einen, um den Zugriff auf die Files zu beschleunigen. Die meisten Betriebssysteme haben entweder eine Beschränkung der in einem Directory ablegbaren Files oder es kommt zu einer drastischen Vergrößerung der Zugriffszeit, wenn zu viele Files in einem Directory abgelegt sind (typische Grenzzahl liegt bei ca. 20.000 Files). Zum anderen muss man sich auch

bemühen, den Datentransfer über das Netz so gering wie möglich zu halten. So legt man häufig Sicherheitsbereiche in der „Nähe“ der Nutzergruppe an, die für das betreffende Dokument zuständig ist und die die erwartungsgemäß häufigsten Zugriffe hat. Ein Transfer zwischen verschiedenen Sicherheitsbereichen ist dabei jederzeit möglich.

Die prinzipielle Zusammenarbeit eines File-Servers mit dem PLM-Server zeigt Abb. 6–12. Um die Sicherheit der Files zu gewährleisten, werden alle für Sicherheitsbereiche genutzten Directories einem privilegierten Nutzer zugeordnet. Dieser Nutzer ist keine natürliche Person. Nur ein spezieller Prozess, der sog. File-Server, hat das Privileg Files in diesem Bereiche zu schreiben oder zu lesen. Der File-Server hat kein direktes Nutzerinterface und steht ausschließlich mit dem PDM-System des PLM in Verbindung. Nur das PDM-System kann dem File-Server nach Prüfung der Zugriffsberechtigung, eines bei ihm angemeldeten Nutzers, den Auftrag geben, einen File in den Sicherheitsbereich abzulegen (check-in) oder aus diesem bereitzustellen (check-out).

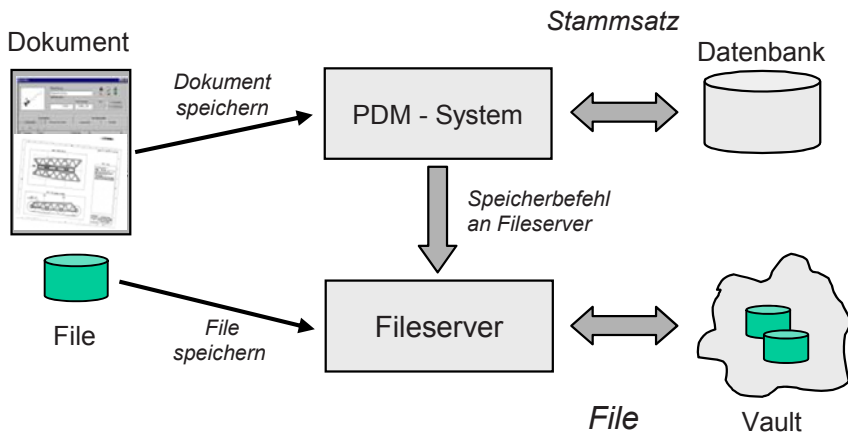


Abb. 6–12 Zusammenarbeit des PDM-Systems und File-Servers in einer PLM-Lösung

In den Sicherheitsbereichen können die Files nicht mit ihren Ursprungsnamen abgelegt werden. Dies ist nicht möglich, da man die Eindeutigkeit der Namen unbedingt wahren muss. So werden die Speichernamen der Files im Moment der Ablage vom PDM-System festgelegt. Dazu werden künstliche Schlüssel als File-Namen genutzt². Diese werden dann, wie in Abb. 6–13 als Ausschnitt des Datenmodells dargestellt, gemeinsam mit dem Ursprungsnamen dem Dokumentenstammsatz zugeordnet.

Der File-Server kopiert die Files vom externen Ursprungsnamen auf den internen kryptischen Namen (check-in) oder vom kryptischen Namen auf den externen Ursprungsnamen (check-out) um. Durch die n:m-File-Zuordnung ist

² teilweise auch als kryptische File-Namen bezeichnet

es ohne weiteres möglich, einem Dokument auch mehrere Files zuzuordnen. Dies nutzt man z. B., wenn das native CAD-File und ein neutrales Austauschformat (z. B. STEP) für das gleiche Dokument gespeichert werden müssen. Die Zuordnung zu einem *vault* legt den aktuellen Speicherort des Files fest. Durch die auch hier geltende n:m-Zuordnung ist es möglich, eine mehrfache Speicherung von Kopien des gleichen Files nachzuweisen. Dies ist bei verteilten PLM-Lösungen erforderlich. So kann gewährleistet werden, dass die einzelnen Kopien des Originaldokumentes in allen PLM-Standorten lokal verfügbar sind und durch die direkte Referenz zu einem gemeinsamen Standort trotzdem die Integrität des Systems gewährleistet werden kann. Auf viele weitere Aspekte, die bei der Nutzung verteilter Systeme beachtet werden müssen, wird in Kap. 6.7 noch ausführlich eingegangen.

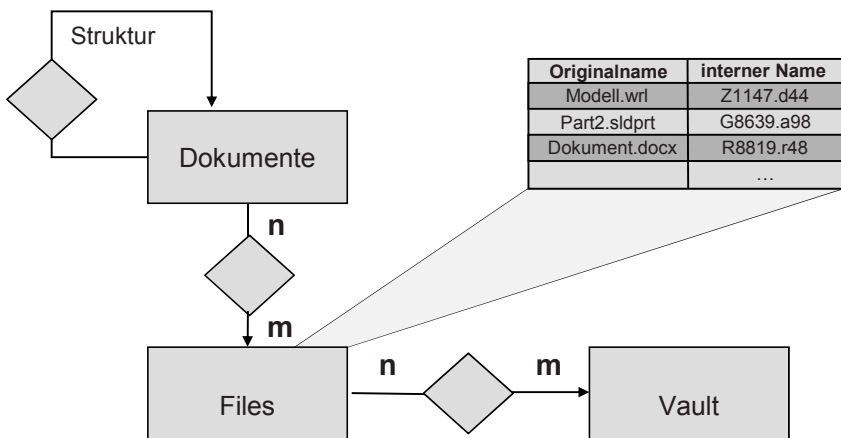


Abb. 6–13 Codierung von File-Namen

6.2.3 Verwaltung konventioneller Dokumente

Nicht alle Dokumente, die in die Verwaltung einbezogen werden müssen, liegen in der Form von Dateien vor. Vor allem ältere, konventionell erzeugte Zeichnungen oder mit der Post eingegangene Schriftstücke lassen sich nicht so ohne weiteres innerhalb des PLM bearbeiten. Andererseits sollen aber über das PDM-System möglichst alle Dokumente zugreifbar sein [MUS-97].

Es bieten sich verschiedene Alternativen an, um auch diese Dokumente der Administration des PLM unterstellen zu können. Dabei spielt es vordergründig keine Rolle, ob es sich um konventionelle technische Dokumente oder vor allem um mehr administrative Unterlagen handelt. Es gibt Anwendungen, die ausschließlich auf die Verwaltung einer großen Zahl nicht produktrelevanter Dokumente zum Zwecke der geordneten Ablage und des schnellen Zugriffes

ausgerichtet sind. Man spricht hier auch von *Total Document Management Systemen*³.

Derartige Systeme haben gegenüber PLM-Anwendungen eine Reihe von besonderen Anforderungen zu erfüllen:

- Von den Standardobjekten wird meist nur das Dokument benutzt.
- Es werden keine Kopplungen zu CAD- oder ERP-Systemen benötigt.
- Der Workflow hat eine besondere Bedeutung.
- Die Verwaltung und Verteilung von nicht-EDV-erstellten Dokumenten muss unterstützt werden.
- Es wird eine extrem große Anzahl von Dokumenten verwaltet (> 1 Mio.).

Allerdings bieten PDM-Systeme im PLM grundsätzlich alle Funktionen, die für das reine Dokumentenmanagement erforderlich sind. Im einfachsten Fall werden die Dokumente weiterhin konventionell archiviert (Abb. 6–14).

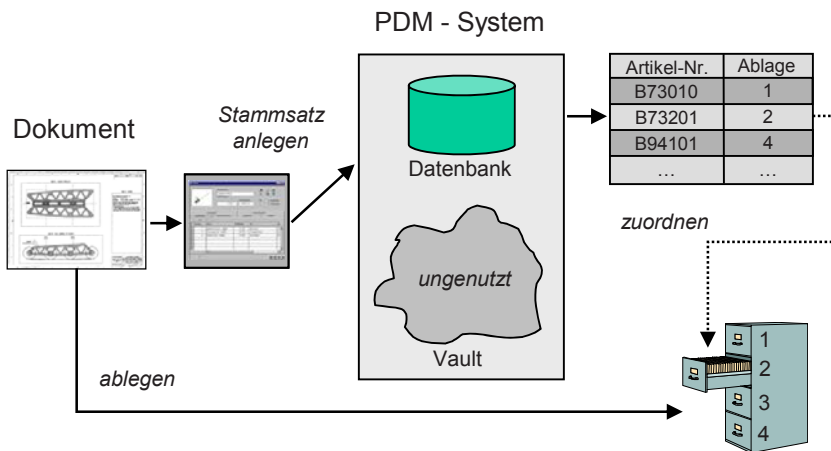


Abb. 6–14 Konventionelle Ablage von Dokumenten

Im PDM-System wird lediglich ein Dokumenten-Stammsatz angelegt. Anstatt eine File-Zuordnung vorzunehmen, wird der Ablageplatz eingetragen. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass es ohne weitere technische Aufwände möglich wird, eine Übersicht über alle Dokumente zu erhalten. Nachteilig ist vor allem, dass zwar nach diesen Dokumenten recherchiert werden kann, diese jedoch nicht unmittelbar am Bildschirm zugänglich sind. Vor allem bei verteilten Standorten ist dies ein wesentlicher Nachteil. Auch ist der konventionelle Ablageraum weiterhin notwendig. Aus diesem Grunde werden

³ Das häufig benutzte Akronym TDM sollte besser vermieden werden, da es leicht zu Verwechslungen mit dem *Team Data Management* kommen kann.

heute meist die Papierdokumente nicht unmittelbar abgelegt, sondern mittels eines *Scanners* eingelesen. Der Prozess der Übernahme von Papierdokumenten in ein Verwaltungssystem läuft in mehreren Schritten ab und wird allgemein als Data Capturing bezeichnet.

Die meisten Unternehmen, die mit CAD-Systemen arbeiten, besitzen noch einen großen Stamm an traditionellen technischen Zeichnungen. Selbstverständlich war es nirgends möglich, den Umstieg auf CAD zeitgleich mit dem Verzicht auf die weitere Arbeit mit den existierenden Altunterlagen zu tun. So kann man nicht auf einen Schlag alle Arbeitsplätze und Projekte auf CAD umstellen. Auch muss es weiter möglich sein, mit älteren Unterlagen zu arbeiten, da diese nicht in kurzer Zeit in CAD-Formate überführt werden können. Wie aber soll man den Umstieg organisieren und wie kann man die Unterlagen über längere Zeit parallel verwalten? Abbildung 6–15 zeigt eine geeignete Systemarchitektur. Die gleichzeitige Arbeit mit traditionellen und CAD-Unterlagen erfordert eine sehr klare Organisation. Sehr wichtig ist zu klären, was das eigentliche Originaldokument ist. Im Falle der alten Papierzeichnung ist es natürlich dieses. Im Falle eines über CAD erstellten Dokumentes ist es jedoch nicht der Papierplott, sondern das CAD-File. Soweit es sich um 3D-Konstruktionen handelt, sind es die zugehörigen Modell-Files. Änderungen sind prinzipiell nur an den Originalen zulässig (bzw. an den für die Änderung erstellten Kopien). Alle CAD-Dokumente werden natürlich im PDM-System verwaltet, das auch die Änderungen steuert. Sinnvoll wäre es, auch für die Altdokumente im PLM Stammdaten anzulegen, so dass zwar die Änderung der Unterlage selbst auf konventionellem Wege erfolgt, der Änderungsablauf und die aktuellen Status jedoch gleich zu den CAD-Dokumenten im PDM-System nachvollziehbar sind. Geht man diesen Weg, so wird PLM auch zum Verwaltungsinstrument der Zeichnungsarchive und ermöglicht einen einheitlichen Zugriff auf die Daten aller Dokumente. Allerdings ergibt sich das Problem, dass eine oft sehr große Anzahl von Stammdaten zu erfassen ist. Hier bleibt keine große Auswahl an Möglichkeiten. Entweder man nimmt den Erfassungsaufwand von oft vielen Hunderttausenden an Stammsätzen auf sich oder man erfasst Zeichnungen jeweils beim ersten gewünschten Zugriff. Im letzten Fall verliert allerdings die Lukrativität der PLM-Abfrage, da man nie sicher sein kann, ob ein nicht gefundenes Dokument auch wirklich nicht existiert.

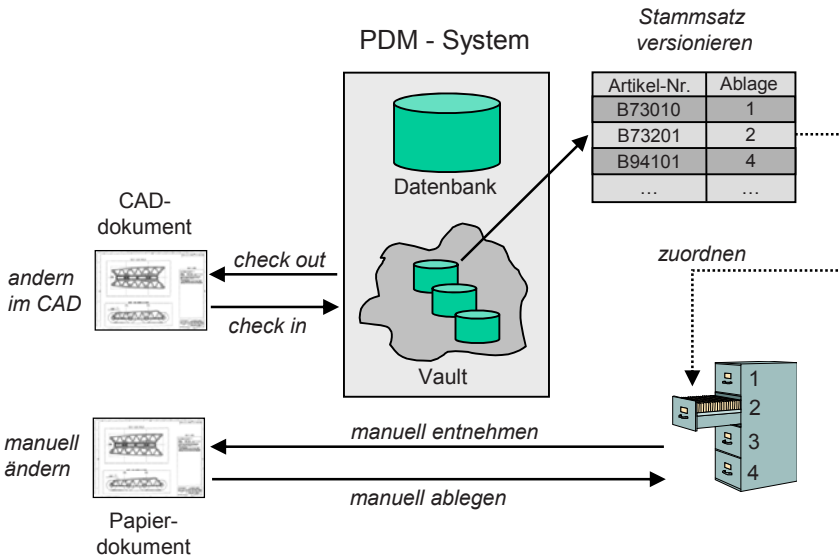


Abb. 6-15 Änderung konventioneller Dokumente

Die im PDM-System angelegten Stammdaten ermöglichen nun zwar bereits die Suche aller Dokumente, bieten jedoch keine Vereinfachung beim direkten Zugriff auf traditionelle Dokumente. Diese müssen weiterhin über das Archiv kopiert oder ausgeliehen werden. Und auch die mit CAD erstellten Zeichnungen werden meist weiterhin aus Sicherheitsgründen mikroverfilmt und im Archiv abgelegt. Hier bietet sich als Ausweg die Anlage eines digitalen Zeichnungsarchivs an. Ein derartiges Archiv verwaltet alle Unterlagen (traditionelle, wie CAD-Zeichnungen) in einem einheitlichen Format auf einem Datenträger. Anwender können deshalb auf all diese Unterlagen sicher und einheitlich zugreifen. Nur solche unabhängigen Formate kommen in Frage, die sich nach der Erfassung der Altdokumente erzeugen lassen. Der Aufbau eines solchen Systems als Komponente einer PLM-Lösung ist in Abb. 6-16 dargestellt. Im Mittelpunkt steht die Verwaltungseinheit, d. h. das PDM-System. Dabei werden konventionelle, wie auch CAD-Zeichnungen als gleichberechtigte Dokumente behandelt. Unterschiede gibt es lediglich bei den zugeordneten Files. CAD-Zeichnungen werden über die CAD-Kopplung im PDM-System abgelegt (vgl. auch Kap. 7). Damit erhält jeder Dokumentenstammsatz die Zuordnung zu den CAD-spezifischen Files.

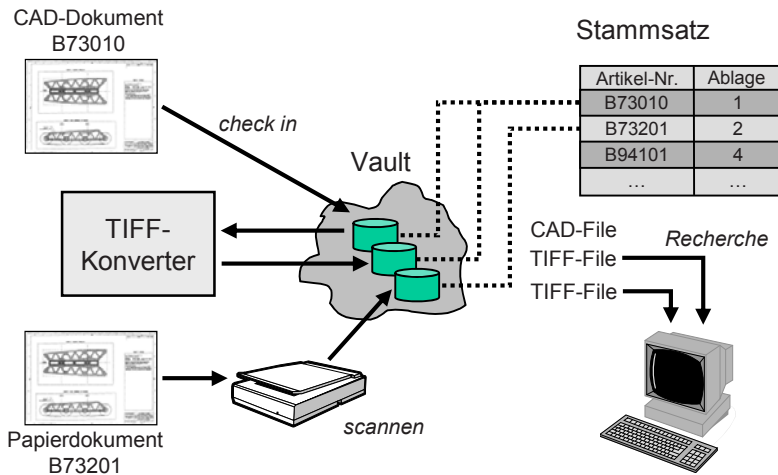


Abb. 6-16 Files in einem digitalen Zeichnungsarchiv

Die konventionellen Zeichnungen müssen über einen Scanvorgang erfasst werden. Hier muss man die Ersterfassung des gesamten Altbestandes und die Erfassung einzelner, im Laufe der weiteren Nutzung des Systems, noch anfallenden Zeichnungen unterscheiden. Während die spätere Erfassung einzelner Zeichnungen (z. B. nach einer traditionellen Änderung) kein großes Problem darstellt, bereitet das Laden von vielen hunderttausenden Zeichnungen in kurzer Zeit größere Schwierigkeiten. Meist ist es nicht notwendig, direkt die Papierdokumente zu scannen. In den meisten Fällen kann direkt auf die Mikrofilme zurückgegriffen werden. Der Vorteil ist dabei, dass es zum einen rein technisch viel einfacher ist, einen Mikrofilm zu scannen, als eine große Anzahl von A0- bis A4-Papier. Zum anderen, und das ist noch viel wichtiger, befinden sich diese Mikrofilme meist auf einer Art Lochkarten. In diesen Lochkarten sind die wichtigsten Stamminformationen (zumindest die Zeichnungsnummer, teilweise auch die Benennung) maschinenlesbar enthalten. Dadurch ist es möglich, große Mengen derartiger Zeichnungen automatisch zu scannen und gemeinsam mit den zugehörigen Stamminformationen in einem Übergabeverzeichnis bereitzustellen. Da es oft notwendig ist, die Scans noch zu überarbeiten (bereinigen, drehen, formatieren), kann man diese Tätigkeit auch extern durchführen. Eine Upladefunktion des PDM-Systems lädt dann direkt aus diesem Übergabebereich, legt die Stammsätze an und ordnet die Files zu.

Problematisch ist bei diesem Verfahren, dass zum einen die von den Karten gelesenen Daten oft nicht fehlerfrei sind (Nummern sind falsch oder doppelt erfasst) und zum anderen für das PDM-System wichtige Informationen (teilweise die Benennung, Freigabedaten, Bearbeiter etc.) nicht mitgeliefert werden können. Hier können sich viele Unternehmen behelfen, die bereits mit

einem ERP-System arbeiten. Da in diesem alle freigegebenen Komponenten enthalten sind, ist es oft möglich, die Stammdaten des Scanprozesses mit den Stammdaten des ERP-Systems zu vergleichen. So können fehlerhafte Angaben gefunden und auch fehlende Informationen ergänzt werden. Nicht auswertbare Scans müssen letztlich manuell überarbeitet und gespeichert werden. Mit diesem Vorgehen ist es möglich, bis zu 3000 Altzeichnungen pro Tag zu übernehmen. Die Erfahrungen zeigen, dass die Fehlerrate vergleichsweise gering ist.

Um alle Zeichnungen in einem einheitlichen Format im Archiv zu halten, müssen natürlich nun auch die CAD-Zeichnungen in dieses Format überführt werden. Dies erfolgt üblicherweise zum Zeitpunkt der Freigabe eines solchen Dokumentes. Dann wird im Hintergrund ein Konvertierungsvorgang angestoßen, der aus dem CAD-Format das Archivformat erzeugt. Dieser Konvertierungsvorgang ist nicht ganz unkritisch, da er meist ohne visuelle Kontrolle abläuft. So muss sichergestellt werden, dass auch wirklich alle signifikanten Zeichnungslayer erfasst, die richtigen Rahmen geladen und alle Stammdaten korrekt aus dem PDM-System eingeschrieben worden sind. Nach diesem Vorgang wird bei der Recherche auf eine freigegebene Zeichnung prinzipiell nur noch auf das neutrale Format zugegriffen – egal um welche Art von Zeichnung es sich handelt. Als neutrales File-Format kommt nur ein solches Format in Frage, das sowohl aus den CAD-Files als auch über einen Scanvorgang erzeugt werden kann. Dies führt zur Einschränkung auf sog. Pixel-Formate. Zwar stehen hier eine ganze Reihe unterschiedlicher Formate zur Auswahl, allerdings hat sich TIFF (TAGGED IMAGE FILE FORMAT) im Wesentlichen im Zeichnungsbereich durchgesetzt.

Wichtige Gründe sind vor allem

- die günstigen Prognosen über die Verfügbarkeit (es muss mit großer Sicherheit sichergestellt werden, dass auch in Jahren noch ein Zugriff auf derartige Files möglich ist);
- die hohe Anzahl von wichtigen Programmen (z. B. Viewer, Editoren) und Hardware (Scanner, Plotter), die mit diesem Format arbeiten können;
- der relativ günstige Speicherplatzbedarf.

Für die Arbeit mit Textdokumenten wird dagegen das PDF-Format⁴ empfohlen [BSI-08]. Dieses von Adobe® kreierte Format ist ein offener de-facto Standard geworden, mit dem elektronische Dokumente weltweit in einfacher Form übertragen werden können [ADS-97]. Es beschreibt plattformunabhängig alle im Dokument genutzten Fonds, Formatierungen, Farben, eingebettete Grafiken usw. Ein weiterer Vorteil ist, dass mit kostenfrei vertriebenen Werkzeugen die Files visualisiert oder gedruckt werden können. Das PDF-Format wird heute auch bereits verbreitet für die Speicherung aufbereiteter 3D-Modelle eingesetzt, das die Erstellung einer separaten Zeichnung unnötig

⁴ Portabel Document Format

machen [PFA-07]. Eine wichtige Besonderheit bei der Arbeit mit einer solchen Archivkomponente im PDM-System ergibt sich im Änderungswesen, da hier konventionelle Dokumente und CAD-Dokumente unterschiedlich zu behandeln sind. Im Moment der Änderung einer konventionellen Zeichnung ist auch zu entscheiden, welches Werkzeug für die Änderung verwendet wird. Eine Möglichkeit besteht darin, dass die Papierdokumente weiterhin über das Zeichnungsarchiv ausgeliehen werden. Nach erfolgter Änderung und Freigabe werden die Zeichnungen wieder eingescannt und der Scan-File an den über die Änderung im PDM-System angelegten neuen Stammsatz zugeordnet. Sinnvoller erscheint es, die Änderungen nur noch über den Rechner durchzuführen. Im Moment der notwendigen Änderung einer Altzeichnung muss entschieden werden, ob sich die Überführung in ein CAD-Dokument lohnt (das Teil wird noch über längere Zeit aktiv bleiben; es handelt sich um eine größere Änderung) oder ob die Änderung auf dem konventionellen Dokument erfolgen soll (das Teil wird in absehbarer Zeit inaktiv; nur kleine Änderung erforderlich). Eine Änderung auf dem konventionellen Dokument kann dann am Rechner unter Nutzung von sog. Pixel-Editoren erfolgen. Diese ermöglichen eine direkte Änderung am Pixel-File, wie Löschen von Elementen, Eingabe neuer grafischer Elemente oder Texte. Nach durchgeführter Änderung kann man dann das Ergebnis entweder wieder als vollständigen Pixel-File ablegen oder ein sog. Hybridformat erzeugen. Im ersten Fall werden alle durchgeführten Änderungen in das ursprüngliche Pixelformat konvertiert. Damit stehen diese Änderungen bei einer weiteren Änderung nicht mehr direkt zur Verfügung und können lediglich mit den einfachen Werkzeugen des Pixeleditors bearbeitet werden. Wird ein Hybridformat erzeugt, so speichert das System den ursprünglichen Pixel-File und in einem weiteren File alle durchgeführten Änderungen. Diese stehen später auch direkt wieder zur Verfügung und können damit auch intelligenter geändert werden. Allerdings hat sich diese Arbeitsweise in der Praxis nicht durchgesetzt.

Wird entschieden, im Rahmen der Änderung eine Überführung in ein CAD-Format vorzunehmen, so ist dies vom Arbeitsaufwand einer Neukonstruktion gleichzusetzen. Trotzdem führt bei wichtigen Teilen kein Weg an dieser Arbeit vorbei. Bereits seit Mitte der 80er Jahre erfolgten Versuche, Zeichnungen im Pixelformat automatisch zu interpretieren und in CAD-Formate zu überführen. Sie haben aber zu keinen produktiv einsetzbaren Systemen geführt, da zum einen die Fehlerrate viel zu hoch geblieben ist und zum anderen es kaum möglich war, die im CAD-System benötigte Struktur der Zeichnung (z. B. Layerbelegungen; Parametrisierung) zu erzeugen [GUB-89, FKM-96]. Auch die Hilfestellung durch Überlagerungsverfahren führt nur zu einer geringen Verbesserung der Situation. Hier wird der Pixel-File im Hintergrund gezeigt und man kann auf einem übergeordneten Layer die neue Zeichnung konstruieren. All diese Unterstützungsmethoden verlieren jedoch in einer Zeit, in der die meisten Unternehmen auf die Nutzung von 3D-Systemen angewiesen sind, an Bedeutung. Denn jetzt geht es nicht mehr darum, eine konventionelle Zeichnung in eine CAD-Zeichnung zu überführen.

Vielmehr muss jetzt ein vollwertiges 3D-Modell erzeugt werden. Und dies erfordert in jedem Fall eine Neukonstruktion des Modells.

6.2.4 Dokumentenstrukturen

Viele Unterlagen, sowohl im technischen Bereich als auch im Bereich der administrativen Dokumente, bestehen nicht nur aus einer einzelnen Komponente. Briefe und andere Schreiben, wie Angebote oder Aufträge, sind oft über mehrere Seiten verfasst.

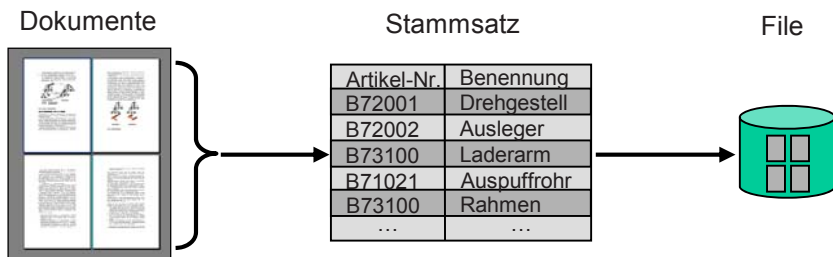


Abb. 6–17 Verwaltung mehrseitiger Dokumente

Solche Seiten werden in einem File des Erzeugersystems abgespeichert. Dies gilt auch für gescannte Unterlagen. Auch hier ist es möglich, mehrere Seiten in einem Image-File abzulegen. Man spricht in diesem Fall von einem *multi-page-file*. In all diesen Fällen entsteht im PDM-System auch nur ein zugeordneter Metadatensatz (Abb. 6–17).

Technische Zeichnungen bestehen häufig aus mehreren Blättern. Hierzu wurde bereits ausgeführt, dass je nach Erzeugersystem diese einzelnen Blätter in einem File (z. B. SolidWorks – dann wird auch nur ein Stammsatz angelegt) oder auch in jeweils einem File (z. B. OneSpace Drafting⁵ – dann werden Stammsätze für jedes Blatt angelegt) gespeichert werden können (Abb. 6–18).

⁵ ein Zeichnungserstellungssystem; wohl noch bekannter unter seinem früheren Namen ME10

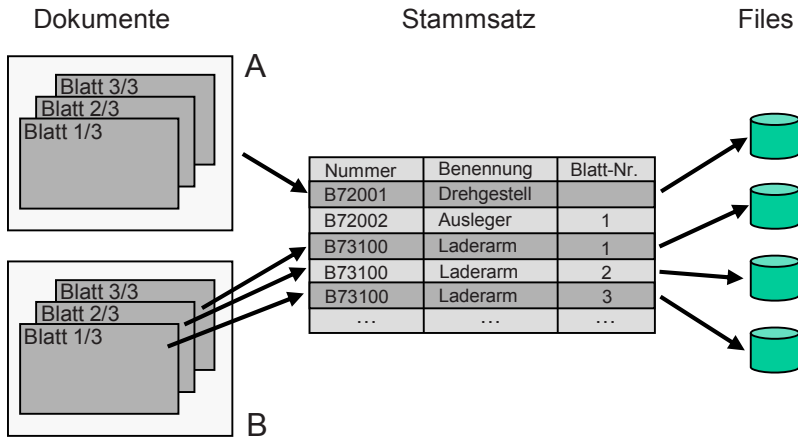


Abb. 6-18 Verwaltung von Zeichnungen mit mehreren Blättern

Besonders im Fall der Office Dokumente wird oft übersehen, dass diese durch derart eingebundene Komponenten oft sehr kompliziert strukturiert sind. Ein Beispiel dafür kann das Manuskript zu dem vorliegenden Buch sein. Während der laufende Text mit einem Textverarbeitungssystem (MS-WORD) bearbeitet ist, wurden die meisten Bilder in einem speziellen Grafikprogramm (MS-POWERPOINT) bearbeitet. Anschließend erfolgt das Einfügen der fertigen Bilder in das Textdokument. Dies bedeutet, dass im PDM-System Stammdaten und Files getrennt für das Basisdokument sowie die eingefügten Objekte bestehen (Abb. 6-19). Diese Vorgehensweise hat eine ganze Reihe von Vorteilen gegenüber einer geschlossenen Bearbeitung in nur einem System bzw. Dokument. So stehen in speziellen Bearbeitungssystemen meist auch bessere, weil angepasste Funktionen und Werkzeuge, zur Verfügung. Weiterhin können die Komponenten vor allem bei großen Dokumenten, einfacher bearbeitet werden, da diese Komponenten dann kleiner sind und z. B. schneller geladen und gespeichert werden. Und schließlich ist eine getrennte Verwaltung eine Voraussetzung für eine Mehrfachverwendung, was vor allem bei der Erstellung von Dokumentationen und Katalogen sehr wichtig ist (vgl. Abschn. 6.6.2).

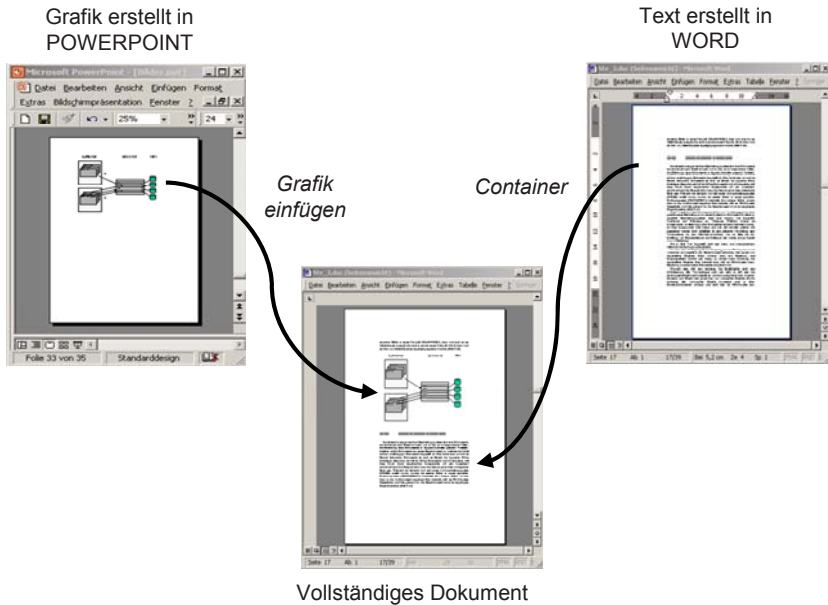


Abb. 6–19 Erstellung strukturierter Dokumente

Wie in Abb. 6–20 dargestellt ist, muss man dabei zwei unterschiedliche Methoden des Einfügens unterscheiden. So kann man ein Objekt (z. B. eine Grafik), das im PDM-System bereits vorhanden ist, komplett in das Basisdokument einbinden. Man spricht von eingebetteten Objekten.

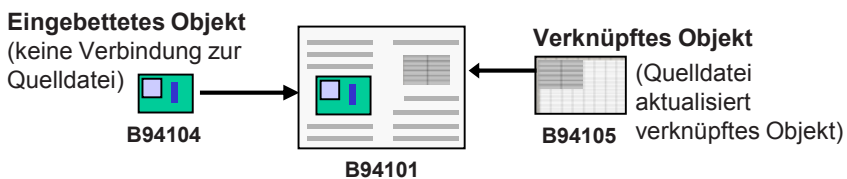


Abb. 6–20 Einfügen von Objekten mittels Einbettung und Verknüpfung

Diese verlieren dann ihre Beziehung zum Ursprungsobjekt. Ändert sich dieses, so erfolgt keine Änderung des eingebetteten Objektes. Dies bedeutet auch, dass im PDM-System keine Beziehung zwischen beiden Dokumenten aufgebaut wird. Wünscht man, dass eine Änderung des Quellobjektes auch eine Aktualisierung aller Verwendungen nach sich zieht, so lädt man das einzufügende Objekt nicht komplett ein, sondern erzeugt einen Link zwischen Container und Objekt. Man spricht hier von verknüpften Objekten. Da die Änderung aller verknüpften Objekte dynamisch auch in allen Containerdokumenten erfolgen soll, muss man im PDM-System eine Beziehung zwischen den Do-

kumenten herstellen. Eine solche Beziehung, die angibt, welches Dokument Bestandteil eines anderen Dokumentes ist, nennt man Strukturbeziehung.

Die Bildung von Strukturen zwischen Dokumenten ist immer dann erforderlich, wenn eine Mehrfachverwendung eines Dokumentes möglich ist. Denn nur so kann garantiert werden, dass ein geladenes Containerdokument immer den wirklich aktuellsten Stand darstellt. Zu Methoden des Ladens und Speicherns von strukturierten Dokumenten sei auf Kap. 7 verwiesen. Diese Beziehungen sind in Abb. 6–21 dargestellt. Für jedes der einzeln existierenden Dokumente (der zwei Containerdokumente, der Tabelle und dem Grafikobjekt) wird im PDM-System ein Stammsatz angelegt. Da die Tabelle in die Container verknüpft wurde, wird in der PLM-Umgebung zwischen den Stammdaten der Container und der Tabelle je eine Strukturbeziehung aufgebaut. Das jeweils eingebundene Grafikobjekt erhält keine Verknüpfung im PDM-System. Damit kann später auch keine Aktualisierung erfolgen.

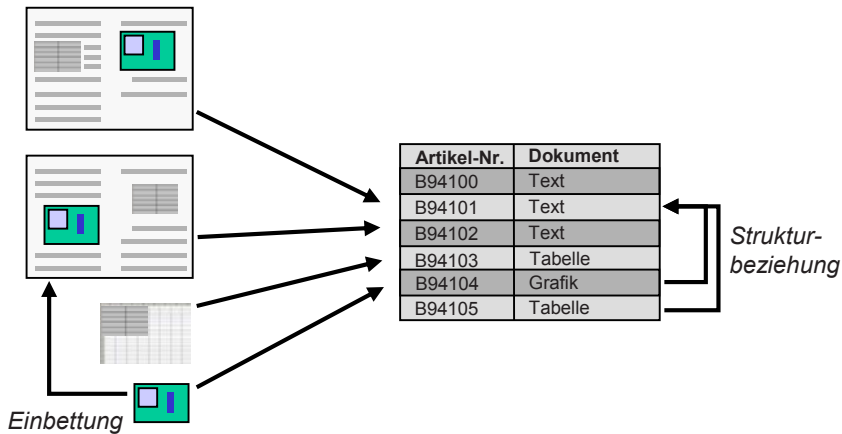


Abb. 6–21 Strukturen verknüpfter Dokumente

Diese bisher an Office-Dokumenten dargestellten Strukturbeziehungen sind vor allem bei technischen Dokumenten, wie den 3D-Modellen, unverzichtbar. Da derartige Modelle sehr groß werden können und vor allem die einzelnen Komponenten meist eine hohe Wiederverwendung aufweisen, ist eine Verknüpfung der einzelnen Komponenten die Regel. Einzelheiten werden in Kap. 7 ausgeführt.

6.2.5 Handhabung von Modellen und Zeichnungen

Viele Unternehmen verzichten heute bereits entweder auf die Erstellung von 2D-Zeichnungen ganz oder arbeiten an der Einführung einer zeichnungsfreien Produktdokumentation [VIL-08], [LOE-08]. Trotzdem ist die technische Zeichnung immer noch eines der wichtigsten technischen Dokumente. Sie wird aus dem 3D-CAD-Modell abgeleitet, enthält wichtige zusätzliche Infor-

mationen (z. B. zur Oberfläche, den Form- und Lagetoleranzen, usw.) und lehnt sich bzgl. der Gestaltung meist noch sehr stark an traditionelle Regeln technischer Zeichnungen an. Dabei entstehen Referenzen zwischen den Zeichnungen, den zugrunde liegenden 3D-Modellen (jeweils sowohl bzgl. der Stammdaten als auch der Files) sowie den zugehörigen Artikeln (vgl. auch Kap. 5). Dieses Beziehungsgeflecht stellt sich je nach angewandtem Zeichnungskonzept unterschiedlich dar. Nicht alle gewohnten traditionellen Zeichnungsarten sind für eine effiziente Handhabung und sinnvoll handhabbare Freigabe- und Änderungsabläufe geeignet.

Am einfachsten ist die einfache Zuordnung nach Abb. 6–22.

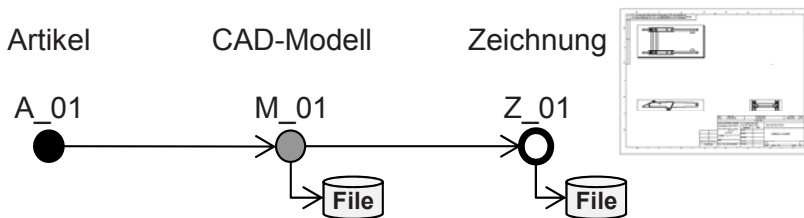


Abb. 6–22 Referenzen einfacher technischer Zeichnungen

Dabei ist einem 3D-Modell genau eine technische Zeichnung zugeordnet. Diese Zeichnung kann natürlich ggf. aus mehreren Blättern bestehen. Wenn das Teil produktrelevant ist, so wird dem Modell auch ein Artikel zugeordnet. Diese Struktur ist leicht zu handhaben. Änderungen an Artikel u./o. Teil können problemlos auf die Zeichnung übernommen werden.

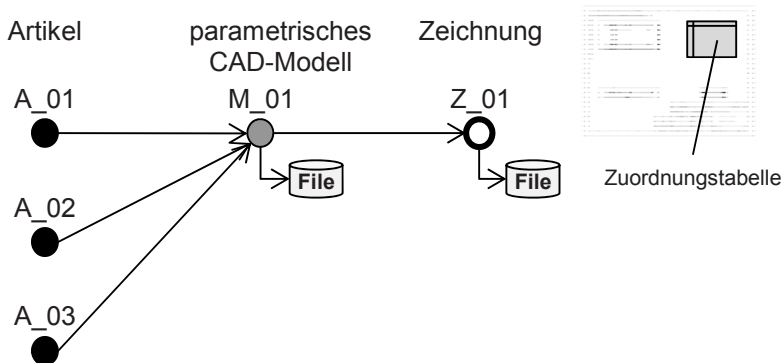


Abb. 6–23 Referenzen bei der Anwendung von Tabellenzeichnungen

Die gleichfalls häufig benutzte Tabellenzeichnung führt zu einem Datenmodell nach Abb. 6–23. Dabei beschreibt eine Zeichnung mehrere alternative Artikel indem ein oder mehrere Eigenschaften des betreffenden Teiles mittels Parameter variabel definiert sind. Dies können z. B. einzelne Maße des Teiles sein, die je nach ihrer Ausprägung dann zu unterschiedlichen Einzelteilen führen. Damit existiert nur ein (parametrisiertes) 3D-Modell, dem auch nur

eine Zeichnung zugeordnet ist. Auf dieser Zeichnung befindet sich eine Tabelle, die jeder zulässigen Kombination von Parametern genau einen Artikel (meist über die Angabe der Artikelnummer) zuordnet. Für jede Zeile der Zuordnungstabelle existiert auf der anderen Seite ein zugehöriger Artikelstammsatz. Damit bestehen mehrfach Referenzen von 3D-Modell zu Artikeln. Eine Änderung am 3D-Modell führt damit zur Änderung der Zeichnung, jedoch ggf. nur zur Änderung einzelner Artikel.

Eine weitere, immer noch verbreitete Zeichnungsform ist die Sammelzeichnung. Dabei werden auf einem Zeichnungsblatt mehrere unterschiedliche Teile dargestellt. Diese Teile haben meist eine logische Zusammengehörigkeit, wurden jedoch voneinander unabhängig modelliert. Dadurch entstehen Referenzen nach Abb. 6–24.

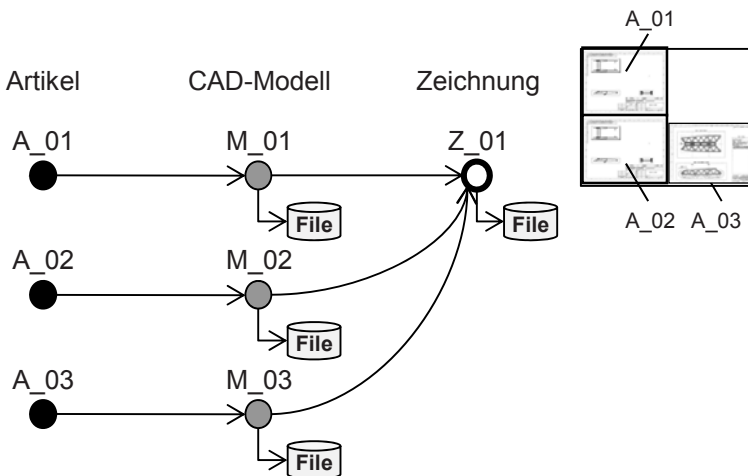


Abb. 6–24 Referenzen bei der Anwendung von Sammelzeichnungen

Die Zeichnung Z_01 in Abb. 6–24 enthält hier z. B. die Einzelteilzeichnungen der Artikel A_01, A_02 und A_03. Dadurch referenzieren mehrere 3D-CAD-Modelle auf ein und dieselbe Zeichnung. In diesem Fall ist die transparente Durchführung von Freigaben und Änderungen extrem erschwert. So führt die Änderung eines Modells (z. B. M_01) zur Änderung der Zeichnung Z_01 und damit auch zur (eigentlich unnötigen) Änderung der Zeichnungen von A_02/M_02 sowie A_03/M_03. Man sollte aus diesem Grund auf die Anwendung von Sammelzeichnungen nach Möglichkeit ganz verzichten.

6.3 Gruppentechnik

Mit Hilfe verschiedener bekannter Methoden der Gruppentechnik soll dem Anwender die Möglichkeit gegeben werden, auf einzelne Objekte schneller

und gezielter zugreifen zu können [VAJ-92]. Dazu werden Merkmale definiert und zur Auswahl angeboten, die Gruppen ähnlicher Objekte einer Klasse (z. B. Artikel oder Dokumente) zusammenfassen (vgl. Kap. 5). Im Folgenden soll auf die Umsetzung einiger Varianten der Gruppentechnik in PLM-Lösungen näher eingegangen werden.

6.3.1 Schlagworte

Die Schlagworttechnik gehört zu den ahierarchischen Ordnungssystemen. Um die häufig sehr große Zahl einzelner Schlagworte in einer für den Anwender sinnvollen Art ordnen zu können, werden meist Kataloge aufgebaut (Abb. 6–25). Kataloge enthalten alle zu einem typischen Anwendungsgebiet benötigten Schlagworte. Damit wird die Auswahl bestimmter Schlagworte stark vereinfacht. Um die natürliche Unschärfe bei der Auswahl der für eine Suchanfrage sinnvollen Worte besser abbilden zu können, besteht die Möglichkeit, Beziehungen zwischen den Schlagworten aufzubauen und damit zulässige Synonyme festzulegen.

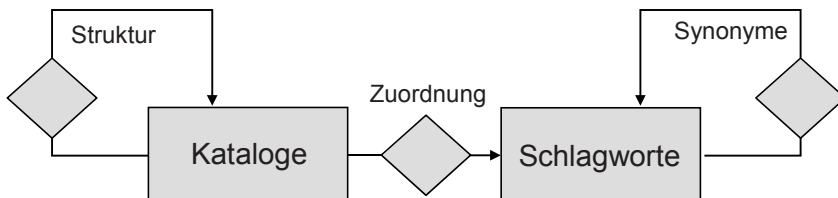


Abb. 6–25 Datenmodell eines Schlagwortverzeichnisses

Abbildung 6–26 zeigt als Beispiel einen kleinen Ausschnitt eines Kataloges zum Themengebiet „Auto“. Dem Schlagwort „Chassis“ sind dabei die Synonyme „Fahrgestell“, „Karosserie“ sowie „Montagerahmen“ zugeordnet. Bei einer Suchanfrage ergibt die Anwendung aller Synonyme die gleiche Treffermenge (Abb. 6–27). Es gibt verschiedene Ansätze, die Suche mit Schlagworten effizienter zu gestalten und auch bei großen Datenbeständen über eine ausreichende Zahl angegebener Schlagworte die Ergebnismenge ausreichend schnell einzuschränken. So kann unter Nutzung des Verfahrens der formalen Begriffsanalyse jedes Objekt zunächst mit einer beliebigen Anzahl von Schlagworten indiziert werden. Die Suche erfolgt dann inkrementell durch Angabe von Schlagworten. Dem Benutzer werden im Auswahlprozess laufend die Menge noch nutzbarer weiterer Schlagworte angeboten, so dass die Ergebnismenge nicht leer ist. Diese Methode scheint für eine effektive und zielgerichtete Nutzung von Schlagworten sehr interessant [LIN-99].

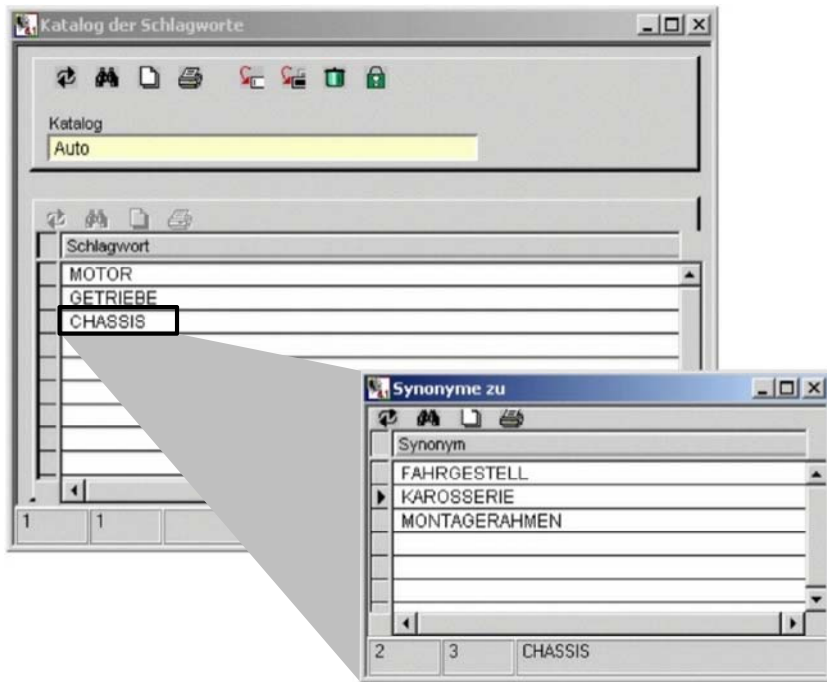


Abb. 6–26 Zuordnung von Synonymen zu Schlagworten

6.3.2 Der Thesaurus

Der Thesaurus, als ein hierarchisches Ordnungsverfahren, wird bei der Stammsatzverwaltung besonders häufig für die Benennung (als eines der am häufigsten genutzten Suchfelder) verwendet. Die Benennung gibt meist einen geläufigen Hinweis auf die Art oder Funktion des Objektes (z. B. „Welle“, „Getriebegehäuse“, etc.). Werden die Benennungen neuer Teile verantwortungsbewusst vergeben, so eignen sie sich durchaus, die Objekte sinnvoll in Gruppen einzuteilen. Der gewählte Begriff für die Benennung ist dann gleichzeitig das identifizierende Merkmal dieser Gruppe. Problematisch ist dieses Vorgehen vor allem dann, wenn die Benennung frei vergeben werden kann und nicht weiter kontrolliert wird. Teilweise führen Suchanfragen über die Benennung zu keinem sicheren Ergebnis oder werden durch notwendige Mehrfachanfragen sehr aufwendig. Eine wesentliche Ursache dafür sind oft unzuweckmäßig gewählte Namen oder leicht abweichende Schreibweisen, die für gleiche Gruppen von Objekten stehen.

Ein Ausweg besteht darin, dass im Hintergrund eine Übersicht aller zulässigen Namen geführt wird. Diese Übersicht wird in Form einer Tabelle angelegt und steht bei der Auswahl und Festlegung der Benennung für ein neues Objekt zur Verfügung.

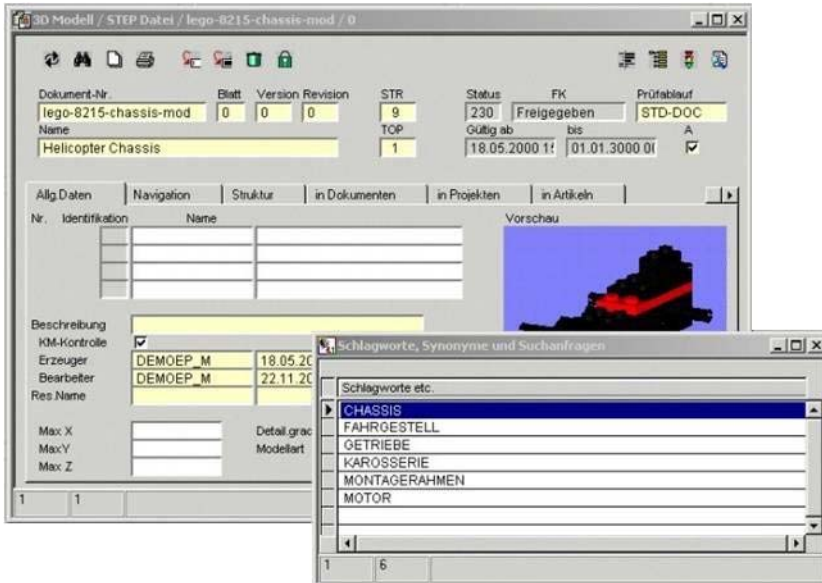


Abb. 6–27 Zugriff auf ein Dokument über Schlagworte

Diese geordnete Zusammenstellung aller zulässigen Namen wird im Unternehmen zentral verwaltet und gilt für die Anwender als abgeschlossen. D. h. bei der Neuanlage ist es prinzipiell nur möglich, einen Begriff aus diesem Thesaurus zu verwenden. Wird in Ausnahmefällen ein neuer Begriff benötigt (z. B., wenn eine bisher noch nie verwendete Gruppe von Teilen erstmals angewandt werden soll), so muss dieser neue Begriff bei der verantwortlichen Abteilung (meist der zentralen Normung) beantragt und von dieser im Thesaurus ergänzt werden. Eine besondere Bedeutung hat diese Vorgehensweise auch, wenn mehrsprachige Dokumente benötigt werden. Dann stellt der Thesaurus im Hintergrund auch alle erforderlichen Übersetzungen bereit, die dann bei der Anlage des Stammsatzes im PLM automatisch ergänzt werden. Da es dem Nutzer in vielen Fällen überhaupt nicht möglich ist, alle benötigten Übersetzungen selbst vorzunehmen (oft können diese auf den verfügbaren Ein- und Ausgabegeräten gar nicht gehandelt werden, z. B. bei vielen asiatischen Sprachen), führt nur die Verwendung einer solchen Auswahltabelle zu vernünftigen Ergebnissen. Übrigens ist im Zuge der Produkthaftung die Forderung an korrekte Übersetzungen so groß, dass selbst für die Einträge im Thesaurus FreigabeprozEDUREN angewandt werden. Diese setzen dann vor der Nutzung eines neuen Eintrages eine Prüfung und Freigabe voraus. In Abb. 6–28 ist eine derartige Auswahl dargestellt.

Man kann folgende Schritte erkennen:

1. Aus einer Begriffstabelle wird eine Auswahlliste mit Begriffen der aktuellen Sprache (hier deutsch) zusammengestellt und dem Anwender zur Ermittlung der benötigten Benennung angeboten.
2. Der gewählte Begriff wird in das deutschsprachige Benennungsfeld der Artikelliste übernommen.
3. Im Hintergrund wird mit diesem Begriff in der Begriffstabelle der zugeordnete englischsprachige Begriff ermittelt.
4. Dieser englischsprachige Begriff wird automatisch im Hintergrund im Artikelstammsatz ergänzt.

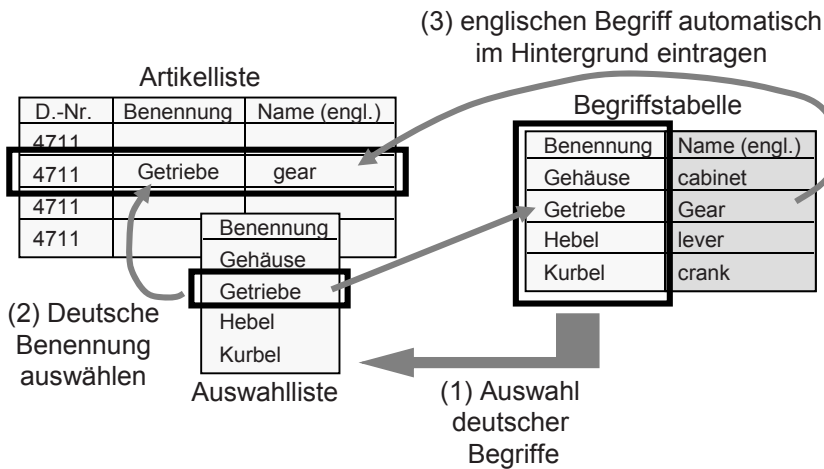


Abb. 6-28 Abläufe bei der Arbeit mit Begriffsauswahllisten

Werden Benennungen in der beschriebenen Art und Weise vergeben, so führt eine Suchanfrage nach einem speziellen Namen (auch hier wird die Auswahl möglicher Suchbegriffe über den Thesaurus unterstützt) zu einem Überblick aller Objekte, die mit dem Begriff beschriebenen Klasse.

6.3.3 Sachmerkmalelisten

Sollen Objekte durch zusätzliche Attribute beschrieben werden, so bietet sich, sofern es sich um Attribute handelt, welche nicht für alle Objekte, sondern nur für eine bestimmte Teilmenge relevant sind, die Verwendung von *Sachmerkmalelisten* an (vgl. Kap. 5).

Sachmerkmalelisten bringen vor allem dann Vorteile, wenn viele Gruppen von Objekten (*Gegenstandsgruppen*) mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften zu beschreiben sind. Die Voraussetzung dafür ist, dass jeder Gegenstandsgruppe individuell Merkmale zugeordnet werden können, die andere Gruppen

nicht zwangsläufig auch belegen müssen. Eine Aufnahme in den Stammsatz scheidet damit von vornherein aus.

Vielmehr wird entsprechend Abb. 6–29 eine neue Objektklasse für Gegenstandsgruppen eingeführt.

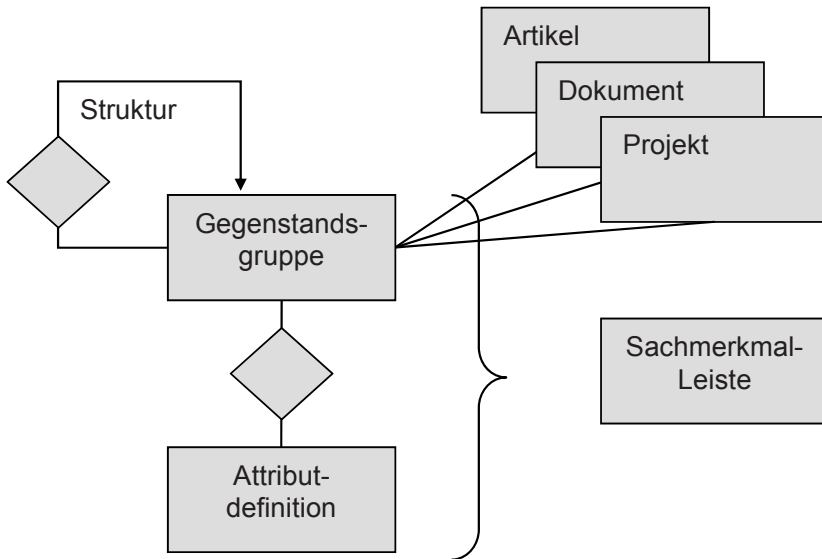


Abb. 6–29 Vereinfachtes Datenmodell eines Sachmerkmalleisten-Moduls

Gegenstandsgruppen beschreiben jeweils eine Gruppe ähnlicher Objekte, die sich durch gleiche Attribute auszeichnen. Jede Gruppe wird mit dem Gruppennamen, dem Klassencode und einer Reihe weiterer Eigenschaften beschrieben. Zusätzlich ist es möglich, jeder Gruppe beliebig viele Attributdefinitionen (Sachmerkmale) zuzuordnen. Dies sind Sachmerkmale, die alle Mitglieder der jeweiligen Gruppe besitzen. Sie sind neben einer Identifikation (Kennbuchstabe) und einer Benennung auch durch den Datentyp (z. B. numerisches oder alphanumerisches Attribut) festgelegt. Da Sachmerkmalleisten erst in Abhängigkeit einer konkreten betrieblichen Anwendung definiert werden und jede Gruppe eine zuvor nicht festlegbare Anzahl von Attributen beliebigen Typs erhalten kann, ist die Entscheidung für das rechentechnische Datenmodell der Attribute nicht trivial. Dies gilt vor allem, weil Forderungen nach einfacher Handhabung und flexibler Erweiterbarkeit sowie hoher Performance auch bei großen Objektmengen nicht leicht gleichzeitig erfüllt werden können. Die Ablage von allen Merkmalen in einer einzigen Tabelle und eine Auswertung über die separate Definition der einzelnen Felder führen häufig zu schlechten Antwortzeiten. Eine Organisation mit separaten Tabellen für die einzelnen Klassen hat wiederum Nachteile für die Administration sowie das Behandeln von vererbten Attributen. Angemerkt sei, dass Gruppen weiter strukturiert werden können. Jede untergeordnete Gruppe beschreibt

dann lediglich eine Teilmenge der übergeordneten Gruppe und kann weitere (spezifische) Attribute erhalten. Interessant ist die in den meisten Realisierungen vorgesehene Möglichkeit der Vererbung von Attributdefinitionen. Damit stehen in übergeordneten Gruppen definierte Attribute auch allen untergeordneten Gruppen zur Verfügung.

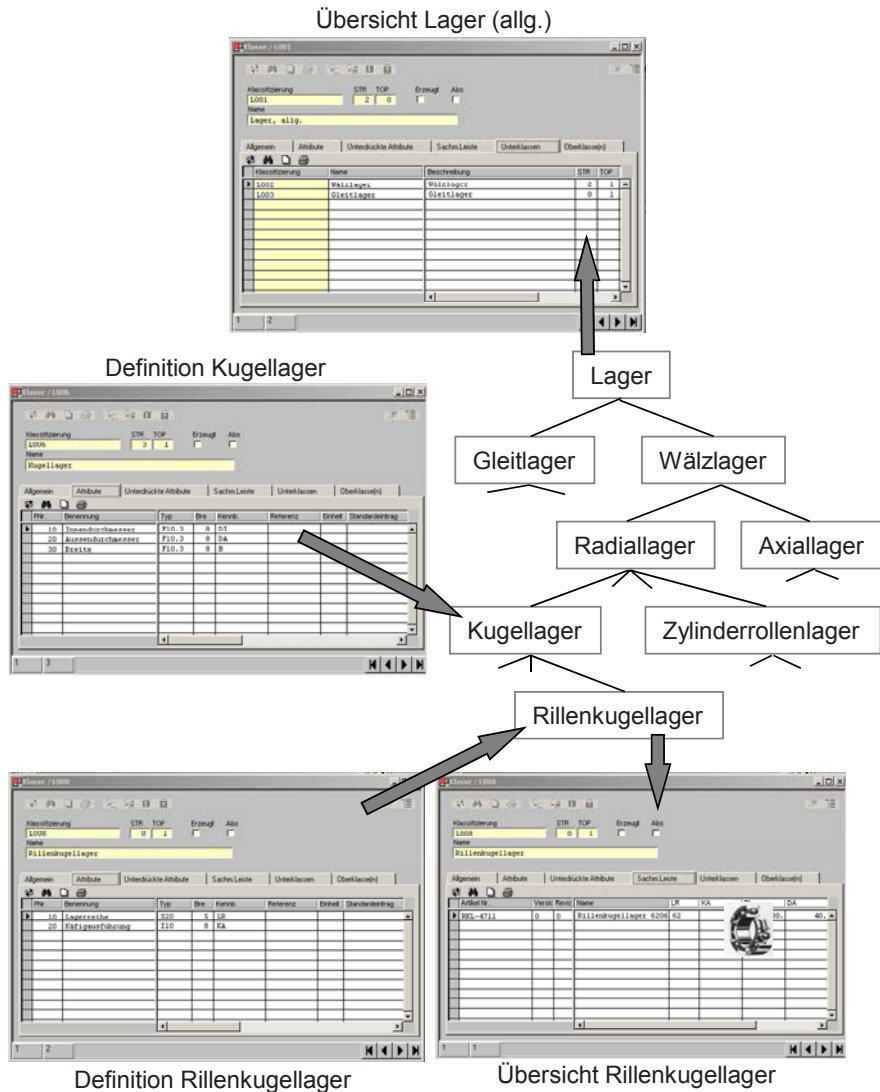


Abb. 6-30 Gegenstandsgruppenstruktur für die Klasse „Lager“

Dies vereinfacht die Beschreibung der einzelnen Gegenstandsgruppen und erleichtert dem Anwender die Suche nach einzelnen Objekten, da er mit den

„globalen“ Attributen auch gruppenübergreifend suchen kann. Abbildung 6–30 zeigt dies am Beispiel der Artikel-Gegenstandsgruppe „Lager“. Ausschnittsweise ist dort dargestellt, wie die Gegenstandsgruppe „Lager“ durch die Unterordnung von Teilgruppen („Gleitlager“, „Wälzlager“) weiter detailliert wird. Dies erfolgt also z. B. über die Stufen: Lager ↪ Wälzlager ↪ Radiallager ↪ Kugellager ↪ Rillenkugellager.

Werden der Gruppe „Kugellager“ Attribute (hier „Innendurchmesser“, „Außendurchmesser“, ...) zugeordnet, so stehen diese auch den untergeordneten Gruppen („Rillenkugellager“) – neben den diesen Gruppen spezifischen Attributen („Lagerreihe“, ...) – zur Verfügung. Dies wird deutlich, wenn man die Sachmerkmaleiste der untersten Gruppe (hier „Rillenkugellager“) betrachtet. Dort sind alle in diese Gruppe aufgenommenen Artikel sichtbar und dann mit allen gruppenspezifischen sowie vererbten Attributen beschrieben.

Sinnvoll ist die Ablage von bildhaften Darstellungen, zumindest für die untersten Gegenstandsgruppen. Diese werden immer den Gruppen zugeordnet (da sie für alle Gruppenmitglieder identisch ist) und erleichtern vor allem die Interpretation der Gruppenmerkmale. Natürlich ist auch die Ablage von Videos oder Animationen möglich.

6.3.4 Geometrische Klassifizierung

Wie in Kap. 5 erläutert wurde, ist die Akzeptanz der klassischen geometrischen Klassifikation auf der Basis von Nummernschlüsseln im Allgemeinen sehr schlecht. Die sich ergebenden Schlüssel sind sehr abstrakt, die Suche umständlich und insbesondere ist auch die Fehlerrate bei der Verschlüsselung meist recht hoch. Der Grund sind die relativ komplizierten Regeln, nach denen die Geometrie zu verschlüsseln ist. Ein Beispiel für ein geometrisches Klassifizierungssystem ist der sog. Opitz-Schlüssel [OPZ-71]. Dieser ist in drei Teile gegliedert: Identnummer, Formenschlüssel und Ergänzungsschlüssel. Insgesamt wird jedes Teil durch 24 vorgegebene Merkmale klassifiziert. Abbildung 6–31 zeigt ein Beispiel für dieses Schlüsselsystem.

Zur Vermeidung der dem System eigenen wesentlichen Nachteile wurde schon früh versucht, die Klassifizierung der Geometrie zu automatisieren. Bekannt geworden sind z. B. Systeme, die mittels Fourier-Analyse arbeiteten [GRA-86, SKS-89].

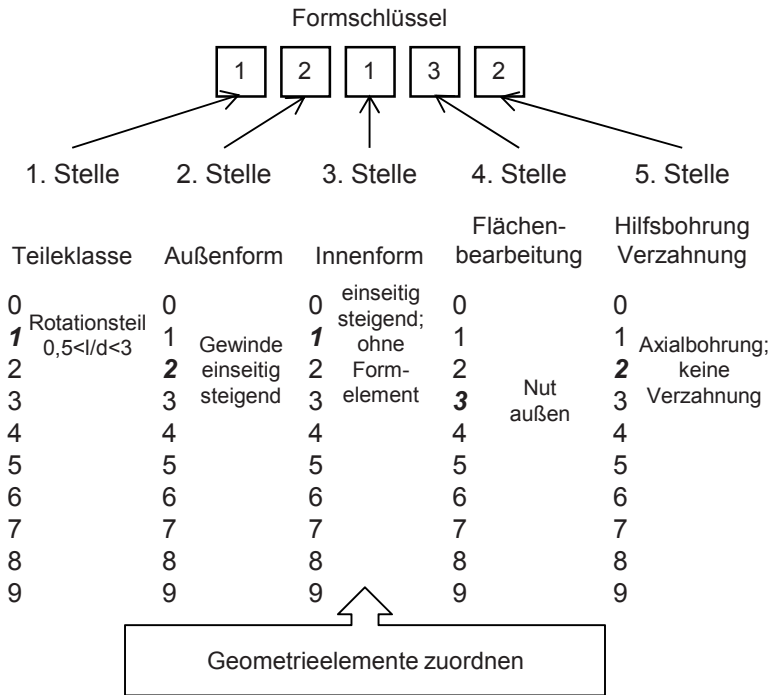


Abb. 6-31 Klassifikation mit dem Opitz-Schlüssel

Allerdings war das Vorgehen auf relativ einfache Geometrien, meist Konturen, beschränkt (z. B. Konturen von Profilen). Auch für komplexe Bauteile geeignet sind dagegen Verfahren, die sog. Feature-Bäume nutzen, z. B. [BET-97]. Dabei werden relevante geometrische Eigenschaften extrahiert und durch hochdimensionale Vektoren (die Feature-Vektoren) beschrieben. Geometrische Ähnlichkeit liegt vor, wenn die Feature-Vektoren im Feature-Raum einen möglichst geringen Abstand aufweisen.

Mit derartigen Lösungen wird es möglich, Bauteile aufgrund von geometrischen Ähnlichkeiten schnell in großen, heterogenen Datenbeständen zu finden. Dazu werden die geometrischen Daten entweder direkt auf Basis der CAD-Files oder die im PLM verwalteten CAD- oder Austauschformate genutzt. Ein Beispiel für die Art der geometrischen Recherche ist Geolus® Search, eine Technologie, die von Siemens PLM Software seit 2006 angeboten wird. Diese ursprünglich vom Münchner Unternehmen sd&m entwickelte Lösung (damals unter dem Namen geolus®SHAPE) umgeht damit die Schwierigkeiten verbaler Beschreibungen von Objekten. Bei der Erfassung eines neuen Teiles wird üblicherweise die native CAD-Geometrie im ersten Schritt in ein neutrales Format, wie STL⁶, VRML⁷ oder JT⁸, umgewandelt.

⁶ Herkunft unsicher: Surface Tessellation Language, auch Standard Triangulation Language

⁷ Virtual Reality Modeling Language

⁸ Jupiter Tessellation

Daraus ermittelt das System sowohl den Feature-Vektor als auch ein Thumbnail, welche beide in der PLM-Datenbank abgelegt werden (Abb. 6–32).

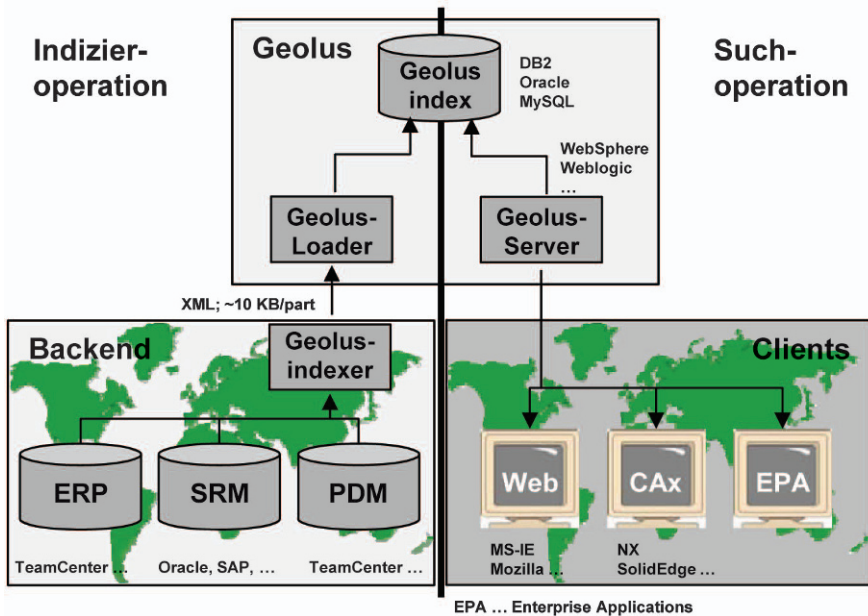


Abb. 6–32 Architektur eines Systems für die geometrische Klassifizierung mittels Feature-Vektor (Quelle: Siemens PLM Software)

Sucht ein Entwickler ein Objekt, stellt er eine Ausgangsgeometrie für die Suchabfrage bereit (z. B. einen einfachen, groben CAD-Entwurf). Diese werden für die Selektion der ähnlichen Teile im PLM genutzt (Abb. 6–33). Durch Variation der Größe des Suchraumes kann man beeinflussen, wie eng die Ähnlichkeit der gefundenen Teile zur Ausgangsgeometrie liegt. Die Anzeige der Suchergebnisse erfolgt über die Thumbnail-Darstellungen. Der Einsatz derartiger Systeme bietet sehr gute Voraussetzungen für die Wiederverwendung von Teilen und kann dazu in vielen Fällen die geometrische Klassifizierung mittels Nummernschlüssel ersetzen. Allerdings handelt es sich um keine echte Klassifizierung, da keine klar abgegrenzten Gruppen von Teilen erzeugt werden. Auch bieten derartige Systeme keine Grundlage, um Klassifizierungsschlüssel als Element von Nummern zu nutzen.

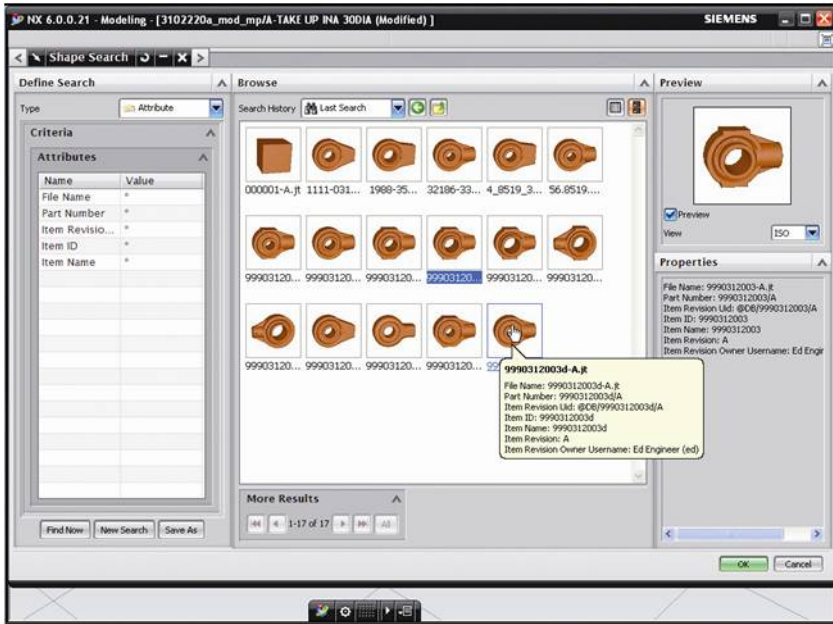


Abb. 6-33 Suchergebnisse bei Suche mit Feature-Vektor (Quelle: Siemens PLM Software)

6.4 Freigabe- und Änderungswesen

6.4.1 Freigabewesen

Nach Kap. 5.5 werden Freigaben durch die Bearbeitung von sog. *Prüfabläufen* vorgenommen. Diese legen alle erlaubten Übergänge zwischen einem beliebigen Status und seinen potenziellen Nachfolgern fest. Jedem im PLM angelegten Objekt muss zwingend ein derartiger Prüfablauf zugeordnet werden.

Alle im System verfügbaren Prüfabläufe sind aus einer beliebigen Anzahl von *Zuständen* zusammengesetzt, die über *Ablaufschritte* verknüpft sind (Abb. 6-34). Ein Zustand (oder auch *Status*) eines Prüfablaufes stammt aus der Menge aller in der Statusverwaltung definierten *Ablaufzustände*. Diese werden unabhängig von einem bestimmten Prüfablauf beschrieben und stehen allen potenziellen Abläufen zur Verfügung. Jeder Zustand ist u. a. beschrieben durch

- Namen: Über diesen Namen kann der Status eindeutig bestimmt werden.
- Reifegrad: Kennzeichnet die Phase des Produktdurchlaufes (siehe dazu Kap. 5.5).

- Fortschrittskennner: Diese Zahl ist ein Pseudonym für den Statusnamen und dient systemintern für die Kennzeichnung eines Zustandes. Dies ist insbesondere sinnvoll und erforderlich, da der Statusname sprachabhängig ist und ggf. auch später geändert werden kann.
- Freigabe-Kennzeichnung: Mit dieser Kennzeichnung werden solche Zustände festgelegt, in denen ein Objekt als freigegeben gilt.
- Änderungs-Kennzeichnung: Diese Kennzeichnung bezeichnet Zustände, aus denen heraus die Kopie auf eine neue Version eines Objektes zulässig ist.

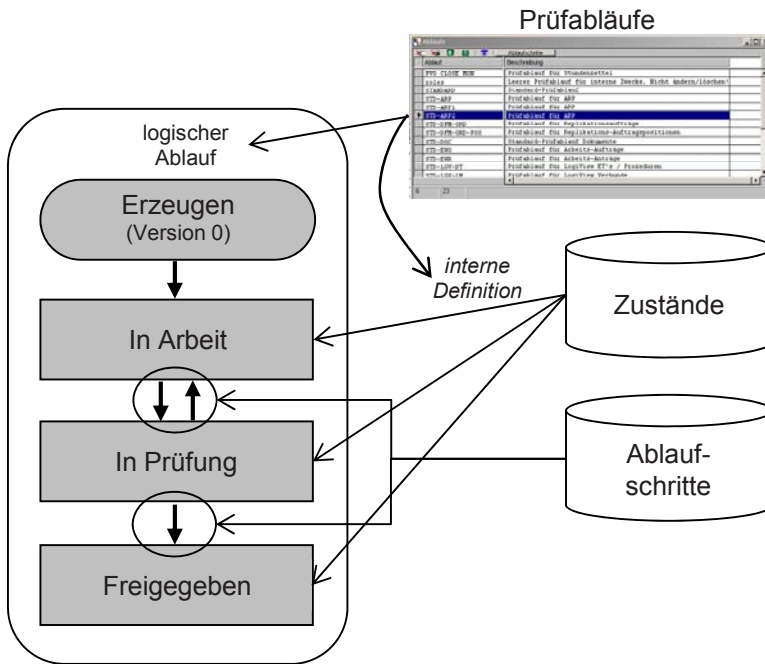
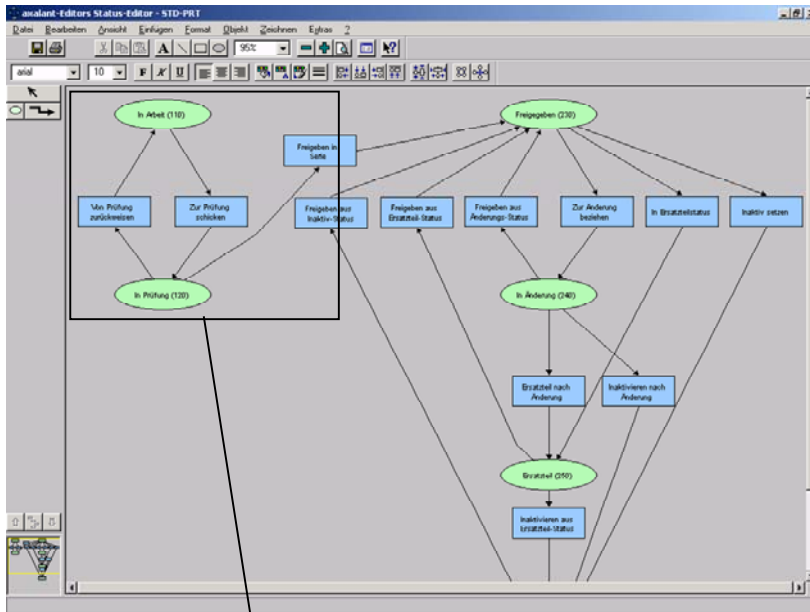


Abb. 6–34 Abbildung eines Prüfablaufes über Zustände und Schritte

Prüfabläufe entstehen im PLM durch eine (meist grafisch durchgeführte) Verknüpfung der für den Ablauf relevanten Zustände (Abb. 6–35). Dabei werden die benötigten Zustände aus der Liste der verfügbaren Ablaufzustände ausgewählt. Die Übergänge zwischen jeweils einem Zustand und seinem Nachfolger muss anschließend in zwei Schritten festgelegt werden. Im ersten Schritt wird der Übergang als eine gerichtete Beziehung zwischen den zwei beteiligten Zuständen definiert.

Im zweiten Schritt ist es notwendig die spezifischen Merkmale des Überganges durch Angabe weiterer Daten zu präzisieren. Gemäß Abb. 6–36 sind dazu drei Gruppen von Angaben erforderlich. Zuerst muss festgelegt werden, wer zur Durchführung des Statuswechsels berechtigt ist. Dazu wird die berechnigte Nutzergruppe angegeben oder die Rolle festgelegt, die der Durchführende besitzen muss (z. B. ist es erforderlich, dass derjenige, der ein Dokument aus dem Zustand „Normungsprüfung“ freigibt, entweder der Gruppe der „Normung“ angehört oder die Rolle „Normungsmitarbeiter“ besitzt).



Ausschnitt entsprechend Abb. 6-36

Abb. 6–35 Modellierung eines Prüfablaufes durch Zusammenstellung von Ablaufzuständen (Quelle: ORACLE agile PLM®)

Ein Zustandswechsel ist zumeist damit verbunden, dass das betreffende Objekt im neuen Zustand geänderte Rechte für einen Zugriff erfordert. Wichtig ist dabei vor allem, dass meist der bisherige Verantwortliche nachfolgend keinen weiteren Zugriff auf das Objekt besitzt. Gibt z. B. ein Bearbeiter ein Dokument bzw. einen Artikel zur Prüfung, so wird er fortan selbst keinen weiteren Änderungszugriff auf das Dokument bzw. den Artikel besitzen. Nach einer Freigabe kann künftig kein Nutzer weiter Änderungen an dieser Objektversion vornehmen. Aus diesem Grunde werden für jede Zustandsänderung Angaben über den neuen Eigentümer („Eigentümer“ und „Gruppe“) sowie die diesem Eigentümer zugeordneten neuen Zugriffsrechte festgelegt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Festlegung der Folge von Eigentümern und deren Zugriffsrechte auf das Objekt während des Prüfablaufs genau überlegt sein will.

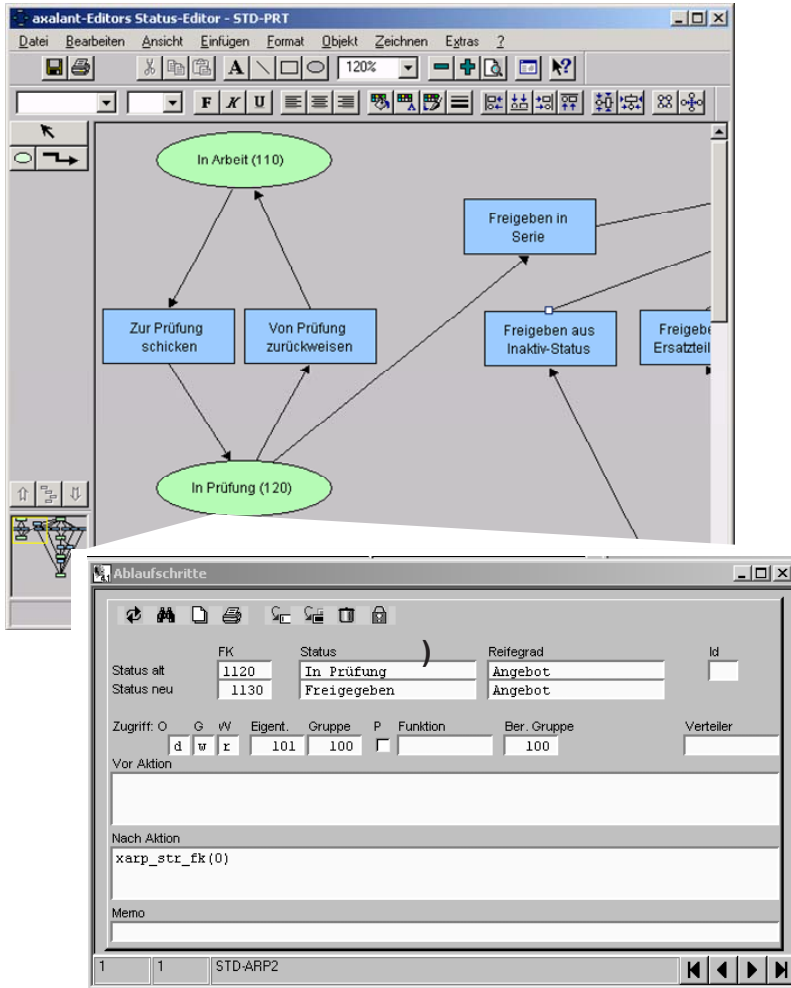


Abb. 6-36 Detaillieren der Merkmale eines Ablaufschrittes (Quelle: ORACLE agile PLM®)

Denn in vielen Fällen wird von einem neuen Eigentümer (z. B. dem „Prüfer“) erwartet, dass er besonders kritische Eingriffe (z. B. „Löschen“) nicht durchführen darf. Eine Beschränkung der Zugriffsrechte für den neuen Eigentümer führt jedoch nicht zum Ziel, da dieser sich ja selbst (als neuer Eigentümer) neue Rechte einräumen kann. Hier ist es ratsam, Eigentümer als nicht-reale Personen einzurichten. Schließlich ist es oft sinnvoll, einem Ablaufschritt Funktionen zuzuordnen. Diese werden jeweils vor bzw. nach erfolgtem Zustandswechsel vom System automatisch ausgeführt. Vor dem Zustandswechsel ausgeführte Funktionen können genutzt werden, um fällige Prüfungen auf Zulässigkeit der Zustandsänderung vorzunehmen. Funktionen nach erfolg-

tem Zustandswechsel aktivieren z. B. die Übergabe von Daten an das ERP-System oder auch die Generierung eines neutralen Dateiformates für die Ablage im Archiv.

6.4.2 Änderungswesen

Die Vorgehensweise bei der Änderung der verschiedenen Objekte in der PLM-Lösung ist bis auf wenige Unterschiede grundlegend gleich.

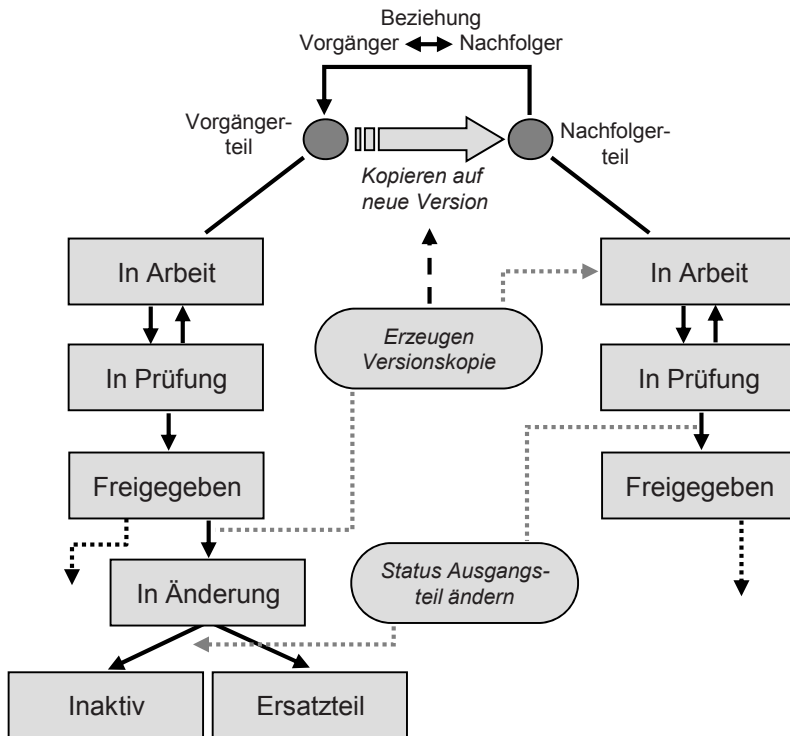


Abb. 6–37 Ablauf bei der Änderung eines Objektes

Dabei sei „Änderung“ hier stets im Sinne von „Revisionierung“ verstanden. Es geht also nicht um eine Bearbeitung eines Objektes im gleichen Zustand. Die Versionierung im PLM dient dazu, Änderungen so zu ermöglichen, dass auf Zustände aller älteren Versionen des Objektes weiter zugegriffen werden kann. Vor der Erzeugung einer neuen Revision muss das Ausgangsobjekt in einen Zustand überführt werden, der eine Änderungs-Kennzeichnung besitzt. Dies ist üblicherweise ein Nachfolgezustand, der der Freigabe des Objektes folgt (in Abb. 6–37 „in Änderung“). Dieser Ausgangszustand drückt aus, dass das betreffende Objekt zwar noch die aktuelle freigegebene Revision repräsentiert, aber bereits eine zum Zwecke der Änderung vorgesehene neue Kopie

besitzt. Diese wird im PLM automatisch durch Kopieren des Ausgangsobjektes angelegt. Diese Kopie erhält alle Strukturen und Beziehungen des Vorgängers sowie im Falle von Dokumenten auch eine Kopie des zugeordneten Files. Der Wechsel eines Status im Rahmen des Änderungswesens erfolgt übrigens nicht zwingend synchron mit der Festlegung, welchen Endstatus ein Objekt einmal erhalten soll (z. B. ob es zu einem Ersatzteil wird oder ausläuft). Um später leichter Sequenzen von Änderungszuständen verfolgen zu können, werden jeweils Vorgänger- und Nachfolgerversion über eine eigene Beziehung miteinander referenziert. Während einer Änderung befindet sich das Ausgangsobjekt demnach im Lebenszyklus *Gegenwart* und der generierte Nachfolger im Zyklus *Zukunft*. Obwohl dies nicht zwingend erforderlich ist, sollte zu einem bestimmten Zeitpunkt immer nur ein Nachfolgeobjekt existieren. Werden parallele Änderungen zugelassen, besteht nur für einen Änderungszweig die Möglichkeit der Freigabe als Nachfolger (Abb. 6–38). Alle anderen Objekte müssen verworfen oder in neue Objekte ohne Revisionsbeziehung überführt werden.

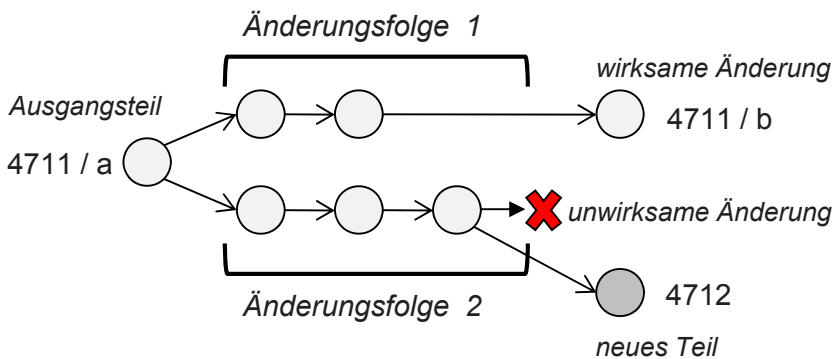


Abb. 6–38 Parallele Änderungen eines Objektes

Aus diesen Zusammenhängen heraus wird auch deutlich, dass die Status der einzelnen Objektversionen miteinander synchronisiert werden müssen. Der Nachfolger wird genau wie zuvor der Vorgänger im Rahmen seiner Bearbeitung einem Prüfablauf unterzogen. Zum Zeitpunkt der Freigabe muss dann der Status des Vorgängers auf „Inaktiv“ bzw. „Ersatzteil“ gesetzt werden.

6.4.3 Workflow - Management

Änderungen und damit zusammenhängende Freigaben von Produktkomponenten erfolgen durch unterschiedliche Personen in einem Unternehmen und stellen wichtige Geschäftsprozesse dar. Die Beschreibung derartiger Geschäfts-

prozesse mit allen darin möglichen Schritten und Zuständen, den Bedingungen für die Übergänge zwischen den Zuständen sowie den betroffenen Personen nennt man einen *Workflow*. Ein Workflow besteht also aus einer Menge einzeln abzuarbeitender Aktivitäten. Die Folge dieser Aktivitäten hängt jeweils vom Ergebnis der zuvor bearbeiteten Aktivitäten ab. Auslöser für die Bearbeitung eines Workflow-Schrittes ist das Eintreten eines definierten Ereignisses (Abb. 6–39). Ein derartiges Ereignis kann z. B. ein neu erreichter Zustand eines Artikels oder Dokumentes im Prüfablauf sein. Im Workflow ist diesem Ereignis nun sowohl eine (optionale) Nachricht, als auch eine erforderliche Aktivität zugeordnet.

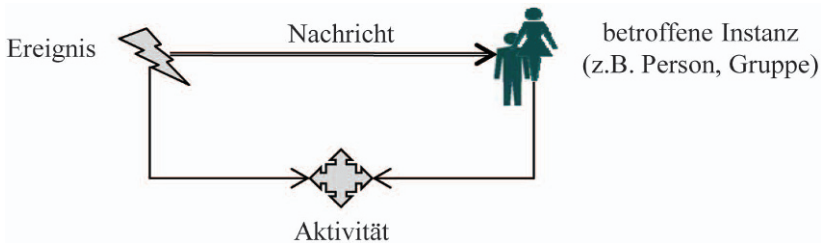


Abb. 6–39 Workflow-Komponenten

Die Aktivität definiert, was konkret als Reaktion auf das eingetretene Ereignis zu tun ist. Dies könnte z. B. eine erforderliche Prüfung des Dokumentes sein. Für die Aktivität sind bestimmte Personen verantwortlich und diese benötigen für die Bearbeitung entsprechende Informationen bzw. Unterlagen. Aus diesem Grund kann die im Workflow zugeordnete Nachricht alle betroffenen Personen informieren und gleichzeitig diesen Personen auch alle erforderlichen Informationen bereitstellen. Je nach Charakter des Änderungsauftrags wird der zugehörige Geschäftsprozess unterschiedlich gestaltet und unterschiedliche Personen in dessen Ausführung involviert sein. Dies wird durch verschiedene, zumeist vordefinierte, Workflow-Prozesse im PLM abgebildet.

Eine typische Workflow-Anwendung ist das Freigabe- und Änderungsmanagement. In Erweiterung des bereits diskutierten Freigabewesens, welches für die PLM-Objekte alle zulässigen Zustände sowie die Bedingungen für die Übergänge zwischen ihnen festlegt, bettet der Workflow die Objekte in den gesamten Änderungsprozess ein und beschreibt, wer wann was zu tun hat, um einen Änderungsauftrag komplett zu bearbeiten. Dies ist in Abb. 6–40 dargestellt. Einstiegspunkt für einen Workflow ist der Änderungsauftrag (*engineering change order – ECO*). Der Änderungsauftrag geht durch Freigabe aus einem bestätigten Änderungsantrag (*engineering change request – ECR*) hervor und beschreibt alle zu einem Änderungsanliegen benötigten Ressourcen. Dazu zählen alle von der Änderung betroffenen Objekte. Dies sind üblicherweise zumeist Artikel und/oder Dokumente. Alle zu einem Auftrag gehörenden Artikel und Dokumente werden in einer sog. *Mappe* zusammengefasst.

Eine Mappe ist ein PLM-Objekt, das verschiedene Objekte auch unterschiedlicher Klassen (Artikel, Dokumente, ...) aufnehmen kann. Da eine Mappe eine Nummer und einen Namen besitzt, ist sie viel leichter zu handhaben, als die Menge der einzelnen Dokumente. Eine derartige Mappe kann im Laufe der Bearbeitung auch jederzeit weitere Objekte aufnehmen. Zudem erleichtert eine Mappe die Ausführung bestimmter Methoden für alle enthaltenen Objekte. So können z. B. bei der Abarbeitung des Änderungsauftrags alle betroffenen Objekte (die in der Mappe enthalten sind) in den Status „in Änderung“ überführt werden.

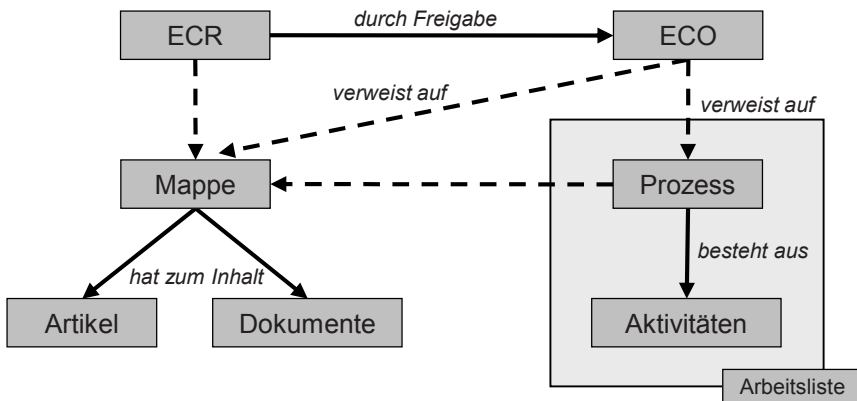


Abb. 6–40 Integration eines Workflow in eine PLM-Lösung

Jede Aktivität besteht aus einer textuellen Beschreibung und der Zuordnung aller für die Bearbeitung benötigten Ressourcen (über Benutzer, Gruppen, Rollen oder Genehmigungsverteiler). Die Verkettung erfolgt durch die Festlegung aller Vorgänger- und Nachfolgeraktionen zu jeder Einzelaktivität. Dabei ist es in vielen Fällen notwendig, nicht nur einfache Sequenzen zu beschreiben. Vielmehr wird die notwendige Reihenfolge der Bearbeitung der Aktivitäten durch teilweise komplexe logische Verknüpfungen und Schleifenbildungen festgelegt. Eine Workflow-Engine steuert die Bearbeitung eines Workflow-Prozesses, indem die Aktivitäten entsprechend ihrer Verkettung den jeweils zuständigen Ressourcen zur Bearbeitung vorgelegt werden. Dies erfolgt durch Eintragung einzelner Arbeitsaufträge in eine zentrale Arbeitsliste. Ein im Workflow-System integrierter Benachrichtigungsdienst stellt sicher, dass ein betroffener Nutzer in einfacher Weise die notwendige Information und auf einfache Weise Zugriff auf alle betroffenen Objekte der PLM-Lösung erhält. Dazu werden Workflows i. d. R. an Mailing-Systeme angebunden. Diese leiten die Anforderungen einschließlich der zu bearbeitenden Objekte bzw. Links auf diese Objekte an Nutzer weiter. Gleichzeitig wird eine Rückmeldung über abgeschlossene Aktionen erwartet. Auch diese können wiederum über eine Mail erfolgen, in diesem Fall mit dem PLM als Empfänger.

Dieses wertet die Nachricht aus, setzt den nachfolgenden Arbeitsschritt des Workflow aktiv und veranlasst die Benachrichtigung der nunmehr betroffenen Ressourcen.

6.5 Management Support

6.5.1 Projektverwaltung

Die meisten Objekte, die im PLM verwaltet werden, wie Artikel oder Dokumente, unterliegen einer fortwährenden Bearbeitung oder Änderung. Sie sind Bestandteil des gesamten Produktlebenszyklus. Jeder Änderungsvorgang stellt einen Prozess dar, der bzgl. seiner Restriktionen, Zielstellungen und Ressourcen in *Projekten* verankert wird.

Die Ziele eines Projekts können Folgendes umfassen:

- eine Liste des Projekt-Lieferumfanges,
- bestimmte Fälligkeitstermine für die endgültige Fertigstellung und auch für Meilensteine,
- bestimmte Qualitätskriterien, die der Lieferumfang erfüllen muss oder
- Kostengrenzen, die das Projekt nicht überschreiten darf.

Damit können Projekte sehr vielfältige Charaktere haben. Entwicklungs- oder Änderungsprojekte können genau so erfasst sein wie auftragsbezogene Projekte. Das Projekt wird als Konstrukt genutzt, um alle bei der Bearbeitung eines Prozesses anfallenden und benötigten Daten ablauforientiert zu strukturieren und einzelnen Teilaufgaben zuordnen zu können. Die Zielstellungen können dabei sehr breit gefächert sein und von der reinen Ordnungsfunktion für Produktdaten bis zum Controlling der Projekte reichen. Zwar gibt es auf dem Markt eine ganze Reihe von spezifischen Projektmanagementprogrammen, aber es erweist sich als vorteilhaft, derartige Funktionalitäten in PLM einzubeziehen, da dort bereits die in erster Linie benötigten Daten gepflegt werden:

- Angebote und Verträge stellen Ablaufrahmen und Aktivitäten bereit;
- Kunden- und Partnerdaten für das Collaborative Projekt Management [KUB-06];
- Informationen über Mitarbeiter und Arbeitsplatzbeschreibungen
- Projekt-spezifische Konfigurationsdaten;
- Produktstrukturen;
- Dokumente, wie Zeichnungen und Spezifikationen.

Im Kern steht dabei die klassische Verwaltung von Projektstrukturen. So kann ein Projekt zunächst in feinere Teilprojekte gegliedert werden, die Aufgaben für bestimmte Teams oder Aufgaben, die zu einem bestimmten Termin beendet sein müssen, zusammenfassen. Diesen Teilprojekten werden dann die betroffenen Daten, wie Dokumente oder Artikel zugeordnet. Die Strukturbildung ist im PLM dabei sehr flexibel (z. B. Kopieren von Projektstrukturen) und bzgl. ihrer Tiefe unbegrenzt. Es stehen natürlich auch an dieser Stelle Werkzeuge für eine hochwertige Auswertung der Strukturen (wie Strukturauflösungen oder Verwendungsnachweise) zur Verfügung. Über die klassische Verwaltung solcher reinen Projektstrukturen geht das erweiterte Projektmanagement hinaus, wie es PLM-Lösungen anbieten (Abb. 6–41).

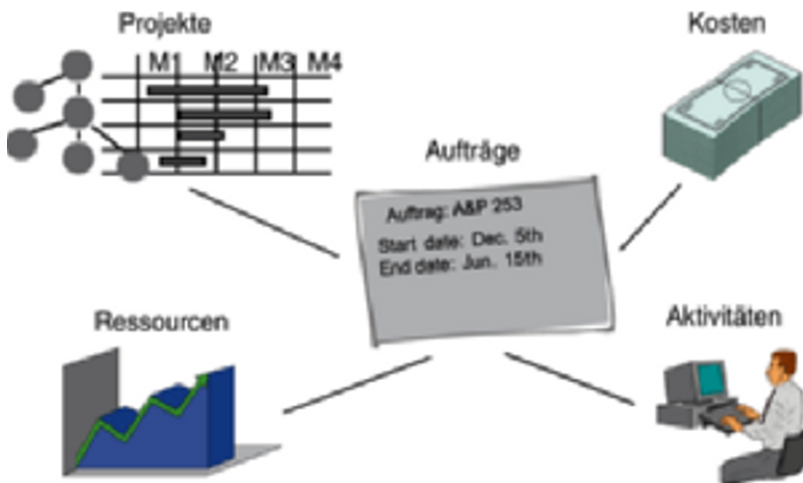


Abb. 6–41 Komponenten des erweiterten Projektmanagement im PLM

Dabei werden die zuvor genannten weiteren Komponenten der PLM-Lösung genutzt, so dass sich erweiterte Möglichkeiten in Richtung

- Kosten- und Budgetplanung,
- Ressourcenplanung,
- Aktivitätskontrolle (Rückmeldung und Kontrolle) und
- Auftrags- und Kundenmanagement

ergeben.

Die enge Zusammenführung von Projektmanagement und PLM-Funktionalität beseitigt die bei konventionellen Projektmanagementsystemen vorhandene Trennung von Produkt- und Prozessdaten (die oft genug zu duplizierten Informationen führen) und führt auch Projektplanung und Projektausführung näher zusammen. In diesem Zusammenhang ist natürlich die Vielfalt der mit der PLM-Lösung gekoppelten weiteren Applikationen, die bei der Projektbearbeitung eine große Rolle spielen (wie CAD oder DTP), ein großer Vorteil. Gerade bei Unternehmen mit großem Engineering- und Entwicklungsanteil

(*engineering to order*, Kleinserienfertigung) ist dies wichtig. PLM-Lösungen mit integriertem Projektmanagement bieten hier durchaus die Chance, auf weitere komplexe Software wie ERP zu verzichten. Denn in diesen Fällen bietet das auf PLM basierte Projektmanagement einen besonders hohen Grad an Flexibilität bei der Planung, Durchführung und Kontrolle der Entwicklungsaufgaben.

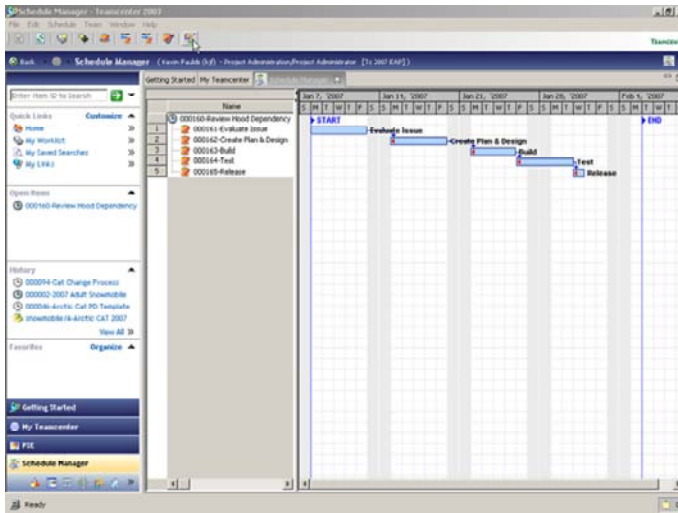


Abb. 6–42 Projektplanung im PLM (Quelle: Siemens PLM Teamcenter®)

Den Elementen der Projektstruktur werden dabei Artikel und erforderliche Arbeitsschritte (Jobs) zugeordnet. Als Basis einer einfachen Kalkulation werden weiterhin Materialkosten sowie geschätzte Arbeitsschrittkosten ergänzt. In der Auswertung stehen dann Preiskalkulationen, Projektablaufplanungen oder auch Ressourcen-Belegungsübersichten zur Verfügung. Wie Abb. 6–42 zeigt, stehen damit im PLM Hilfsmittel zur Verfügung, die sich bzgl. des Bedienungs- und Darstellungskomforts durchaus auf dem Niveau von üblichen Spezialanwendungen (wie z. B. MS-Project) befinden.

Interessant ist in diesem Zusammenhang natürlich auch der zu jeder Zeit genaue Überblick über die Planungssituation des Projekts. Beginnend mit dem ersten Angebot entsteht über die Zeitachse eine vollständige Zusammenstellung aller evtl. Folgeangebote und Aufträge einschließlich der diesen zugeordneten Artikel (Abb. 6–43). Werden im System Preise für die Artikel gepflegt oder kann der Preis direkt aus dem ERP-System übernommen werden, ist es auf einfache Weise möglich, eine überschlägige Kalkulation für jedes Angebot, den resultierenden Auftrag und somit das gesamte Projekt abzuleiten. Große Vorteile ergeben sich, wenn die Projektbearbeitung einer PLM-Lösung eng mit dem Workflow bzw. der Anforderungsverfolgung syn-

chronisiert wird. Einige Beispiele für praktisch umgesetzte Lösungen finden sich u. a. in [CAM-07].

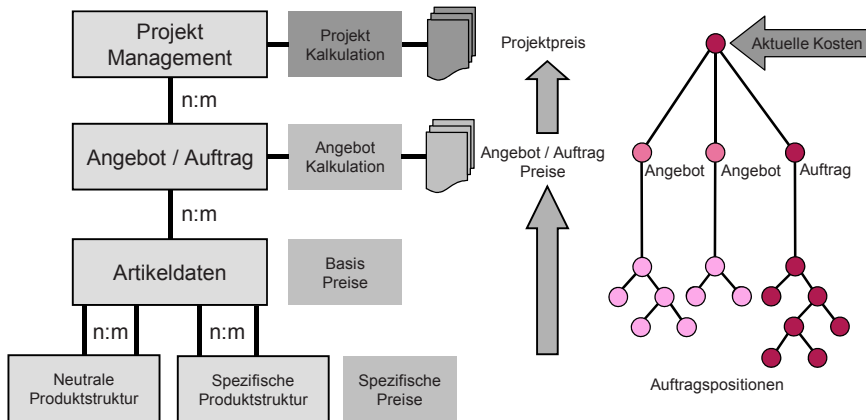


Abb. 6-43 Mitlaufendes Projektmanagement über Angebot und Auftrag

Es muss aber auch darauf hingewiesen werden, dass weniger die informationstechnische Schnittstelle zwischen Projektmanagement und PLM kritisch ist. Vielmehr liegt der Anspruch vor allem in der erforderlichen Transformation der auszutauschenden Informationen aus der reduzierten Prozesssicht in die vollständige Produktsicht und umgekehrt [SHD-07].

6.5.2 Analytics und Reporting

PLM-Lösungen enthalten eine große Zahl von Informationen, die für die Gestaltung unternehmerischer Prozesse sowie die Entscheidungsfindung wesentlich sind. Aus diesem Grund werden zunehmend solche angepasste Funktionen bereitgestellt, die es gestatten, relevante Informationen zusammenzutragen und daraus speziell für Managementaufgaben geeignete Berichte und Übersichten zu generieren. Analysiert werden können z. B. Änderungsvorgänge, Produktfreigabestatus, Fehlerberichte oder personal-, lieferanten- und zeitplanbezogene Einträge. Dabei wird nicht ausschließlich auf die in der PLM-Lösung abgelegten Daten zurückgegriffen. Vielmehr werden im Sinne des *Enterprise Information Integration* auch Informationen aus vielen weiteren Applikationen der PLM-Lösung genutzt. Kundenrelevante Informationen aus CRM⁹, Wartungsinformationen aus MRO¹⁰, Produktions- oder Auftragsdaten aus ERP sowie Daten über Partner bzw. Zulieferer aus SCM werden so mit den Daten über die eigenen Produkte im PLM verknüpft.

⁹ Customer Relationship Management

¹⁰ Maintenance, Repair and Overhaul

Damit wird die Beantwortung wichtiger Fragen möglich, wie

- Übersicht über Teile oder Dokumente, die innerhalb des geplanten Zeithorizonts zur Verfügung stehen;
- zeitkritische Teile oder Dokumente einschließlich Angaben zu Fristüberschreitungen;
- Häufungen verschiedener Fehlertypen;
- Analyse, noch bestehender und behobener Fehler pro Zeiteinheit;
- Anzahl neuentwickelter Teile im Vergleich zur Anzahl verwendeter bestehender Teile.

Die Analyseergebnisse können in verschiedener Art aggregiert werden. Alle üblichen Präsentationsformen, wie Übersichtstabellen, Säulen- oder Kreisdiagramme sind zumeist verfügbar (Abb. 6–44) [SIE-08a].

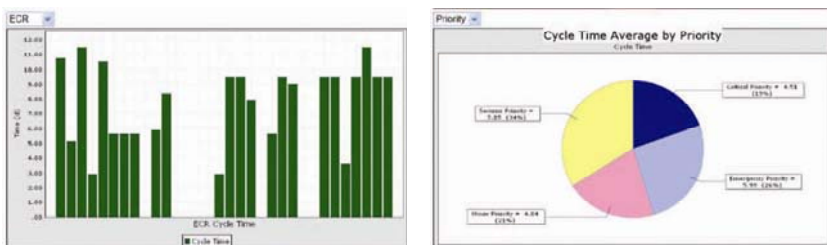


Abb. 6–44 Präsentationsformen für Analytics und Reporting (Quelle: Siemens PLM Teamcenter®)

Um die einfache Nutzung der aus den verschiedensten Applikationen stammenden Daten zu ermöglichen, ist eine große Auswahl an Eingabeschnittstellen bzw. -formaten hilfreich (Abb. 6–45). Dazu zählt neben Direktkopplungen (vgl. dazu auch Kap. 7) vor allem auch der Quasistandard XML.

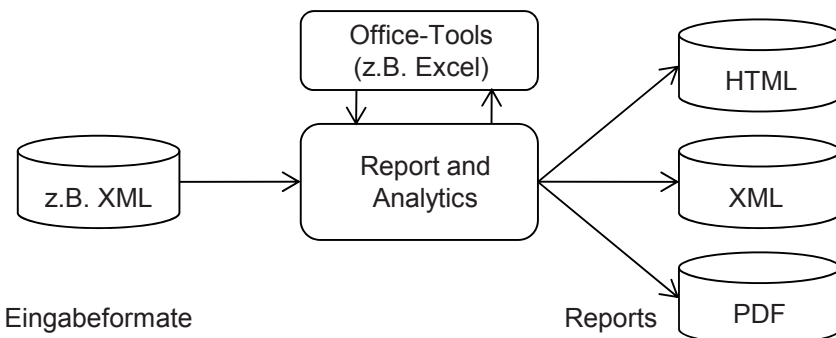


Abb. 6–45 Ein- und Ausgabeschnittstellen für Reporting-Tools

Für eine flexible Nutzung der Reports werden Präsentationen in HTML¹¹, XML¹², PDF¹³ oder den Office-Tools (vor allem MS-Excel[®]) genutzt.

6.6 Kunden und Zulieferer

6.6.1 Anforderungsmanagement

Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt werden im Rahmen eines Kunden-, Entwicklungs- oder Änderungsauftrages als einer der ersten Schritte definiert. Sie dienen als Vorgabe und Maßstab für die Entwicklung der ersten konzeptionellen Modelle sowie als Maßstab für im weiteren Prozess durchgeführte Arbeiten. Diese müssen immer gegen die bestehenden Anforderungen geprüft und ggf. die Anforderungsdefinition modifiziert werden. Systeme, die diese Tätigkeiten unterstützen, nennt man *Requirement Traceability Systeme* (RTM). Es gibt bereits seit längerem unabhängig arbeitende spezialisierte RTM-Systeme, wie *Rational RequisitePro* [IBM-07], *DOORS* [TEL-08] oder *MKS Integrity* [BOE-05]. Neben dem Vorteil, hochspezialisierte Funktionen nutzen zu können, hat die unabhängige Nutzung solcher Lösungen auch einige Nachteile:

- deren Entkopplung von den eigentlichen Produktdaten, die zu- meist im PLM verwaltet werden;
- die oft unzureichenden Integrationen zu weiteren Erzeugersyste- men, wie den CAD-Systemen;
- problematischer Zugriff auf verteilt liegende Informationen (u. a. in verschiedenen Niederlassungen des Unternehmens).

Darüber hinaus verfügen PLM-Lösungen bereits von Haus aus über gute Infrastrukturfunktionen, die u. a. einen einfachen Zugriff auf den Workflow zulassen. Auch Sicherungsfunktionen für die Files (im electronic vault) und die Metadaten (Sicherungs- und Recoverymaßnahmen der Datenbank) stehen in der PLM-Lösung unmittelbar zur Verfügung.

So bieten heute moderne PLM-Lösungen zum einen häufig eigene Moduln zum Requirement-Management an [SIE-08b, MAL-00]. Grundslegend kann man sich die Integration der Requirement-Verwaltung entsprechend Abb. 6–46 vorstellen. Ausgehend von z. B. dem in einem Kundenauftrag enthaltenen Anforderungen wird durch ein RTM-Modul eine Struktur mit allen relevanten Einzelforderungen erzeugt (*Requirement Capturing*). Dieser Schritt sollte bereits softwareseitig unterstützt werden. So gibt es Kopplungen an Textver- arbeitungssysteme wie WORD, die eine direkte Übernahme der Anforderun-

¹¹ Hypertext Markup Language

¹² Extensible Markup Language

¹³ Portable Document Format

gen in die Anforderungsdatenbank des PLM erlauben (Abb. 6–46). Die so aufgenommenen Anforderungen können anschließend im Dialog weiter ergänzt und angepasst (Prioritäten, Statusinformationen) sowie auch Beziehungen zwischen ihnen aufgebaut werden (gegenseitige Abhängigkeit der Anforderungen, Varianten und Alternativen von Anforderungen).

Die Dokumente, die die Anforderungen enthalten, werden zumeist selbst im PLM abgelegt. Damit bekommen alle Requirements Beziehungen zu den Ursprungsdokumenten (Auftrag). Weiterhin wird in vielen Fällen ein zum Vorgang gehörendes Projekt angelegt. Diesem müssen die zugrunde liegenden Dokumente ebenso, wie auch die Anforderungen zugeordnet werden. Auf der Basis dieser Anforderungen erfolgen alle weiteren Entwicklungsschritte, die zum schrittweisen Entstehen der Produktdaten führen. Dies können Dokumente (z. B. CAD-Modelle), Produktstrukturen etc. sein. Es ist wichtig, dass diese neuen Objekte den ihnen zugrunde liegenden Anforderungen zugeordnet werden. Wie fein das möglich (und sinnvoll) ist, hängt sowohl von der Granularität der Anforderungsbeschreibungen als auch der Detailliertheit der Produktdaten ab. In vielen Fällen werden die Anforderungen deshalb auch nicht z. B. direkt auf das CAD-Modell, sondern auf daraus durch Analysen abgeleitete Informationen, wie sie z. B. in FEM-Modellen oder Testberichten enthalten sind, verweisen.

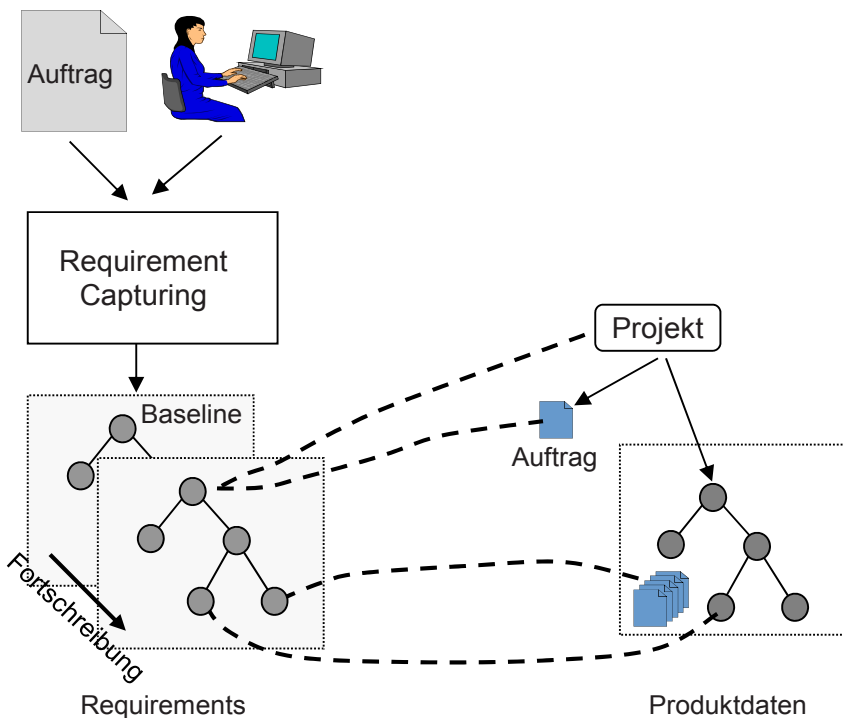


Abb. 6–46 Verwaltung von Requirements in einer PLM-Umgebung

Damit ist es nun sowohl möglich, den Erfüllungsgrad der Anforderungen zu verfolgen, als auch die Anforderungen fortzuschreiben (Historie der Anforderungen). Da die Anforderungsstruktur meist recht komplex ist und der Erfüllungsgrad sich laufend ändert, werden zumeist sog. Baselines erzeugt, die einen augenblicklichen Stand festlegen und als Grundlage eines späteren Vergleiches dienen.

6.6.2 Publishing

Wenn bisher über Dokumente gesprochen wurde, so ging es doch vor allem um solche, die im Rahmen der Entwicklung und Produktplanung anfallen und zur Definition des Produktes dienen. Dazu gehören natürlich alle mit den CAD-Systemen erstellten Modelle und Zeichnungen, aber auch Testberichte, Änderungsanträge, Aufträge etc. (Primär- und Sekundärdokumente; vgl. Kap. 5.4). Große Bedeutung für die Unternehmen haben aber auch solche Dokumente, die dem Verständnis oder der Bedienbarkeit des Produktes dienen, wie Montage- und Bedienanleitungen, Ersatzteilkataloge, Handbücher zur Störungsbeseitigung oder Inbetriebnahmeanweisungen (Tertiärdokumente). Solche Dokumente werden später Bestandteil des auszuliefernden Produktes selbst. Die Erstellung dieser Art von Dokumenten ist besonders kritisch, da sie einerseits als Bestandteil des Produktes zum Zeitpunkt der Auslieferung bereitstehen müssen, andererseits aber von ihrer Struktur und dem Inhalt sehr stark von der ausgelieferten Variante des Produktes abhängen. Meist liegt deshalb der Zeitpunkt für die Erstellung solcher Dokumentationen nach der Beendigung der Produktplanung, oft sogar erst in der letzten Phase der Produktion. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Dokumentation sehr stark von der konkret ausgelieferten Struktur der Maschine oder Anlage abhängt und sich diese oft noch bis zuletzt im Detail ändern kann. Auch greifen die Tertiärdokumente auf die Primär- und Sekundärdokumente zurück (z. B. Auszüge technischer Zeichnungen als Bestandteil einer Montage- oder Bedienanleitung) und können erst nach deren Fertigstellung bearbeitet werden.

In der Dokumentationsplanungsphase wird die Struktur der künftigen Dokumentation festgelegt. Dazu zählt die Zusammenstellung aller Dokumentationsarten (oft auch von Kundenforderungen geprägt). Um die Planung dann abschließen zu können, muss die Struktur des auszuliefernden Produktes genau bekannt sein. Aus diesem Grund kann man diese Phase auch erst kurz vor Abschluss des Produktionsanlaufes abschließen. Anschließend müssen die Dokumentationsabschnitte mit Inhalt gefüllt werden. Dieser besteht z. B. aus Textbausteinen und Bildern. Oft wird dabei ein direkter Bezug zu Informationen der Produktstruktur (Stücklisten) oder zu den technischen Dokumenten (Zeichnungen, Modellansichten) hergestellt.

In der letzten Phase wird die Dokumentation in einer vom Kunden gewünschten Form erzeugt [WER-98]. Dies kann traditionell auf Papier, immer häufiger jedoch auf CD oder einem anderen elektronischen Medium gesche-

hen. Auch eine Bereitstellung über das Internet wird für bestimmte Dokumente zunehmend gefordert. Dies ist insbesondere für alle Arten von Katalogen sinnvoll. Zielstellung bei der Erstellung von Produktdokumentationen und Katalogen ist, diese mit Beginn der Produktion bereits zur Verfügung zu haben. Außerdem sollte es möglich sein, Änderungen am Produkt sofort auch in adäquate Änderungen der Dokumentation einfließen zu lassen. Gemäß [STR-08] bieten PLM-Lösungen hervorragende Voraussetzungen, diesen Prozess der Dokumentationserstellung (verkürzt als Publishing bezeichnet) zu unterstützen:

- Im PLM sind bereits alle technischen Dokumente, inklusive ihrer Versionen und Änderungszustände abgelegt.
- Die PLM-Lösung kann leicht mit allen weiteren für die Dokumentationserstellung benötigten Werkzeugen, wie DTP-Systemen, gekoppelt werden.
- Das PLM hat oft eine direkte Verbindung zum ERP-System und kann deshalb alle auftragsspezifischen Informationen abfragen.
- Die erzeugte Dokumentation kann wiederum im PLM abgelegt werden.

Der Grundgedanke für derartige Publishing-Konzepte sieht deshalb eine Bereitstellung der einzelnen Bestandteile oder Module der Dokumentation (auch als Infoobjekte bezeichnet) in einer Form vor, die es erlaubt,

- die Dokumente strukturiert zu beschreiben;
- Dokumentstrukturen unabhängig vom konkreten Inhalt vorzugeben;
- eine hohe Unabhängigkeit von den verwendeten Bearbeitungs- und Verteilungssystemen zu erreichen;
- Multimedia zu unterstützen;
- eine langfristige Verarbeitbarkeit der Daten zu sichern.

Diesen Anforderungen kommt besonders die bereits 1986 mit ISO8879 standardisierte „Standard Generalized Markup Language“ (SGML) entgegen [ISO 8879]. Sie eignet sich, da sie eine Trennung von Struktur, Inhalt und Format der Dokumentationsmoduln unterstützt, gut zur Beschreibung der Dokumente. Dies wird auch dadurch unterstützt, dass SGML nicht auf eine feste Menge von Elementen beschränkt ist. Vielmehr kann der Anwender innerhalb einer Klasse von Dokumenten eigene Elemente einschließlich der benötigten Beziehungen festlegen. Damit bietet SGML gute Möglichkeiten, den Inhalt der Dokumente strukturiert zu analysieren und semantische Einheiten direkt anzusprechen bzw. zu manipulieren (wie den „Titel“, den „Sicherheitshinweis“,...). Leider hat SGML gerade auch in Bezug auf die breite Nutzung den Nachteil der komplexen Struktur und ineffizienten Handhabung. Als Weiterentwicklung wird deshalb die Extensible Markup Language (XML) immer bedeutungsvoller [LOB-01, SCH-01]. Da sie besonders im Zusammen-

hang mit WEB-Publizierungen eingesetzt wird, soll auf XML näher im Kap. 9 eingegangen werden. Abbildung 6–47 zeigt die Schritte der Erstellung einer Dokumentation.

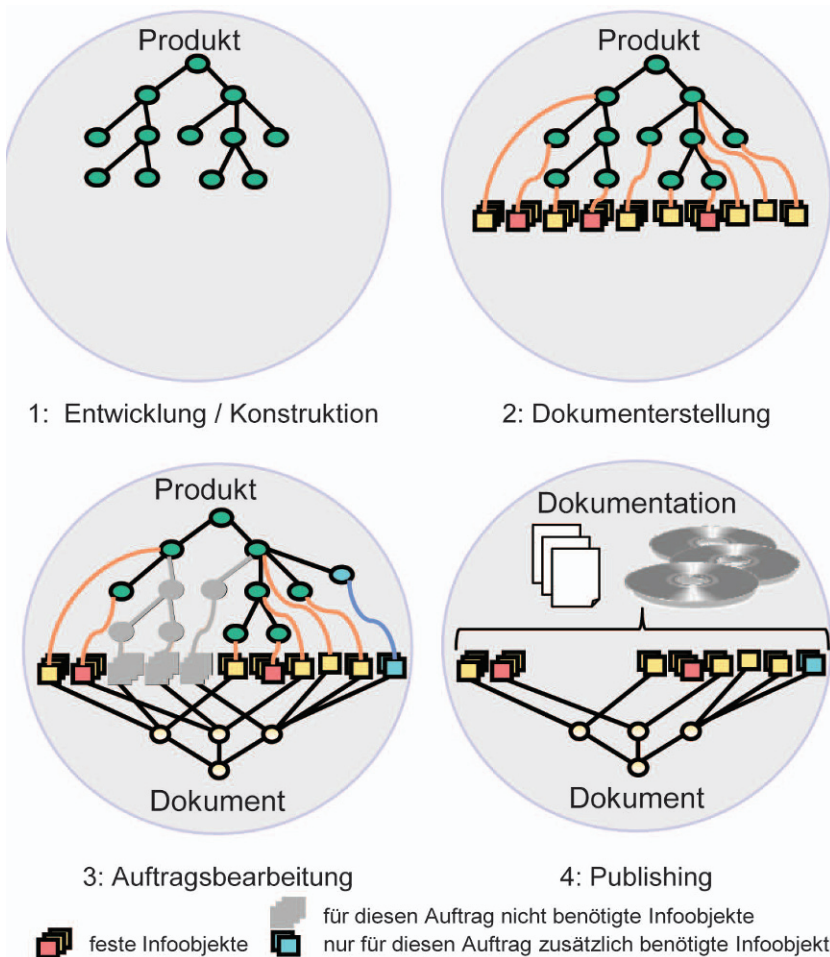


Abb. 6–47 Produkt- und Dokumentenstrukturen bei den einzelnen Schritten zur Erzeugung einer elektronischen Dokumentation

Als Schritt 1 wird im Rahmen der Entwicklung und Konstruktion die konstruktive Struktur (*as designed*; vgl. Kap. 5) des Produktes festgelegt. Diese Struktur beinhaltet alle möglichen Varianten und ist nicht an einen bestimmten Auftrag bzw. Kunden angepasst. Für jede Komponente (Teil wie Baugruppe) innerhalb dieser Struktur erstellt man in Schritt 2 jeweils alle relevanten Dokumentationsbausteine. Je nach Eigenart des Teiles oder der Baugruppe können das sehr unterschiedliche Dokumentenbausteine sein. Auch müssen nicht

alle Komponenten alle Arten von Dokumentenbausteinen besitzen. So existieren z. B. für ein Einzelteil keine Montagehinweise. Da diese Dokumentenbausteine selbst als Dokumentation nicht brauchbar sind, sondern nur Informationseinheiten darstellen, die später erst zur Dokumentation zu kombinieren sind, spricht man auch von Infoobjekten. Für wiederverwendete Teile existieren die Infoobjekte bereits, für neue Teile müssen sie vor der Erstellung der Dokumentation bereitgestellt werden. Im dritten Schritt wird die Produktstruktur an einen konkreten Auftrag angepasst. Komponenten, die nicht zur gewählten Variante gehören, entfallen. Bestimmte Komponenten können auch kundenspezifisch neu hinzu kommen. Anschließend ist es im Rahmen des Publishings nun möglich, durch Zusammenstellung der Infoobjekte aller Strukturelemente die benötigte Dokumentation zu erzeugen (Schritt 4). Für alle Produktkomponenten muss festgelegt werden, welche Dokumentation für sie sinnvoll ist. Alle Infoobjekte, die gleichartige Informationen zu Produktkomponenten geben (z. B. Tätigkeitsbeschreibung für die Wartung, Warnungen beim Auftreten einer Störung, etc.) werden in Infoobjektklassen zusammengefasst (Abb. 6–48).

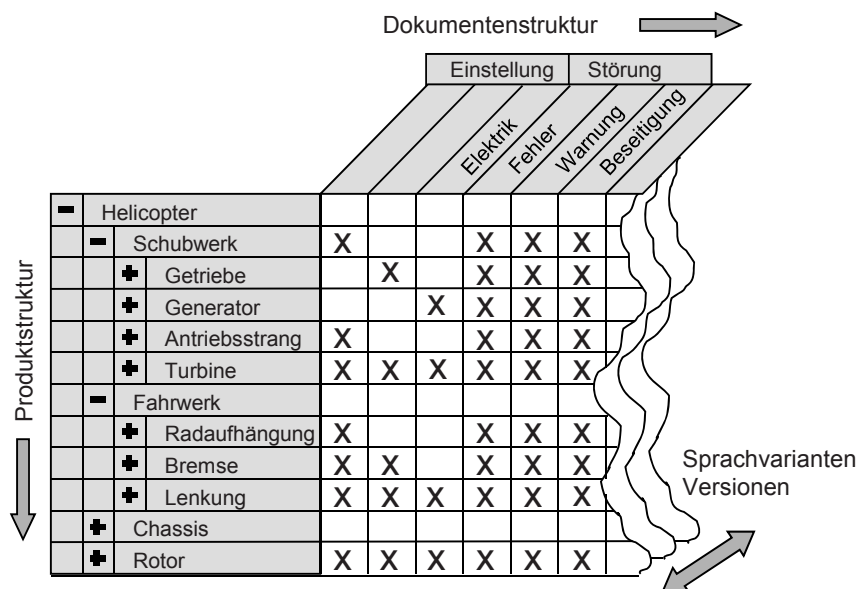


Abb. 6–48 Übersicht über die Infoobjekte in einer Redaktionsmatrix

Diese Klassen lassen sich hierarchisch gliedern und umfassen alle existierenden Arten von Infoobjekten. Bei der Erstellung der Infoobjekte muss für jede Produktkomponente festgelegt werden, welche Infoobjektklasse zutrifft. Diese Zusammenstellung wird Infoobjektliste der Produktkomponente genannt. Für jede Klasse in dieser Liste sind dann entweder die entsprechenden Infoobjekte anzufertigen bzw. müssen diese (im Falle von Zukaufteilen) vom Zulieferer bereitgestellt werden. Eine sehr übersichtliche Darstellung ergibt

sich, wenn in einer Matrix allen Elementen der Produktstruktur auf der einen Seite alle Klassen der Infoobjekte gegenübergestellt werden (Abb. 6–48). Im Schnittpunkt der Produktstruktur zur Dokumentenstruktur wird nun dargestellt, ob das betreffende Infoobjekt relevant ist. Durch verschiedene Symbolik in den Schnittpunkten kann weiterhin angezeigt werden, welchen Status das Infoobjekt besitzt (existiert, noch nicht vorhanden, noch nicht freigegeben, freigegeben). Man nennt diese Darstellung Redaktionsmatrix, da sie eines der wichtigsten Hilfsmittel der redaktionellen Zusammenstellung einer Dokumentation ist. Für jedes Produkt gibt es in Abhängigkeit der jeweiligen Version bzw. benötigten Sprache verschiedene Redaktionsmatrizen. Abbildung 6–49 zeigt, wie dieser Ablauf unter Verwendung einer PLM-Lösung durchgängig bearbeitet werden kann.

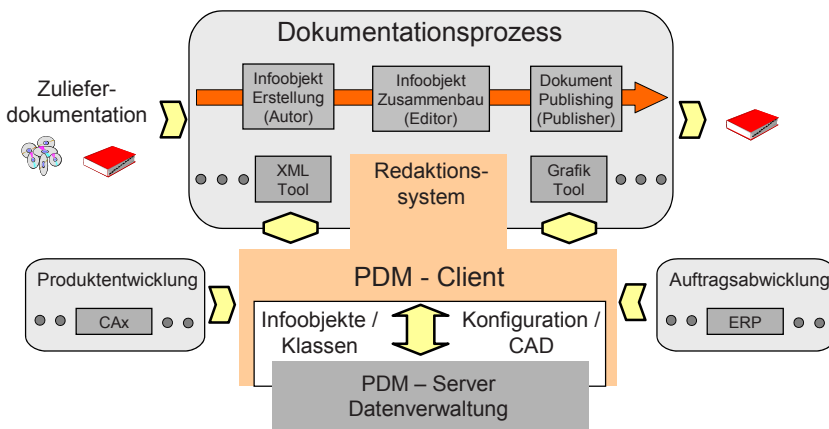


Abb. 6–49 Ablauf der Dokumentationserzeugung mittels eines PDM-Systems als Bestandteil der PLM-Lösung

Dabei hat die PLM-Lösung die bekannten Schnittstellen zu

- *der Produktentwicklung:* im Wesentlichen über die CAD-Schnittstellen, so dass die as-designed-Struktur sowie alle engineering-Dokumente abgelegt werden können sowie
- *den verwendeten Systemen der Auftragsabwicklung:* meist dem ERP-System; so können dem PLM die Informationen zu den relevanten Aufträgen zur Verfügung gestellt werden.

Zusätzlich zu den üblichen Verwaltungsformen für die Stammdaten und die Files wird eine spezielle Verwaltung der SGML-Daten eingesetzt. Dies ist erforderlich, da an den Zugriff auf diese Daten spezielle Forderungen gerichtet sind. Eine Ablage in Files ist nicht sinnvoll, da man dadurch die direkte Auswertung und Manipulation der Dokumentenstruktur verliert. Gerade dies wird jedoch von Redakteuren zwingend gefordert. So muss es z. B. möglich sein, sich alle Infoobjekte anzeigen zu lassen, die einen bestimmten Titel besitzen oder eine bestimmte Warnung enthalten. Eine Ablage der Komponenten von

SGML-Dokumenten in der für relationale Datenbanken typischen Art (Strukturabbildung über Relationstabelle) scheidet aus Performance-Gründen aus. Als Folge werden spezielle Speicherformen verwendet, die Struktur der Dokumente auch ohne Benutzung von Strukturtabellen ermöglichen. Die Struktur kann dann z. B. über hierarchische Schlüssel beschrieben werden. Es ist aber auch möglich, eine spezielle SGML-Datenbank in die PLM-Lösung einzubinden. Die für die Dokumentation benötigten Grafiken werden demgegenüber jedoch weiterhin meist als Files in Sicherheitsbereichen gespeichert. Die Oberfläche, die dem Nutzer die Erstellung und Bearbeitung der Infoobjekte erlaubt (Autorensystem), eine Kombination der Infoobjekte zu Dokumentationen gestattet (Editor) sowie letztlich die Erzeugung der geforderten Medien unterstützt (Publishing) nennt man Redaktionssystem.

6.7 Engineering Collaboration

6.7.1 Anforderungen und Lösungskonzepte

PLM-Lösungen in aktuellen Anwendungsumgebungen müssen in der Lage sein, verteilte und föderierte Informationen und Prozesse zu verwalten. Diese Notwendigkeit ergibt sich direkt aus dem Cross Enterprise Engineering, also der Parallelisierung, Verteilung und Vernetzung der Projekte, Produkte und Prozesse (vgl. Abschn. 2.3.1) sowie den Anforderungen nach einem integrierten komplexen Projektmanagement (Abschn. 6.5.1). Auch andere Autoren, wie Grieves [GRV-06], Stark [STA-05] oder Saaksvuori et al. [SAA-05], weisen auf diese Problematik hin. Einbezogen sind sowohl verteilte Arbeitsgruppen innerhalb des Unternehmens (u. a. bedingt durch den multidisziplinären sowie integrierten Ansatz des CEE, vgl. Abb. 2-13), als auch Partner außerhalb von Unternehmensgrenzen (föderierte Zusammenarbeit). Eine Vielzahl von Anwenderberichten belegt dies und weist sowohl auf die technischen und organisatorischen Probleme der Einführung wie auch auf die erreichbaren Effekte hin [DÖL-04, VOG-07, SCF-07, SMB-07, KLW-08].

Zur Gestaltung derartiger Engineering Collaboration Lösungen werden zum einen Werkzeuge benötigt, die die Verfügbarkeit konsistenter Daten für alle Beteiligten ermöglichen (↗Produkt Daten). Darüber hinaus ist es erforderlich, auch die Zusammenarbeit der verteilt arbeitenden Teams zu unterstützen (↗Produktentstehungsprozess). Zur Erfüllung dieser Anforderungen stehen unterschiedliche technische Konzepte zur Verfügung (Abb. 6–50). Deren Umsetzung hängt ganz wesentlich von den Randbedingungen und Zielsetzungen des PLM-Ansatzes der beteiligten Partner ab.

Ist die Zusammenarbeit mit externen Partnern (z. B. Kooperationen im Rahmen des Supply Chain bzw. mit Kunden), welche in den meisten Fällen heterogene PLM-Lösungen nutzen, so geht es meist in erster Linie um den

Zugriff auf die jeweils aktuellen Produktdaten. Wir sprechen hier über Aspekte des Produktdatenaustausches.

Darüber hinaus gibt es Lösungen, die (entweder unabhängig von Datenaustauschkonzepten oder auch als Erweiterung dieses Ansatzes) die direkte Zusammenarbeit der Teams durch virtuelle Projekträume unterstützen. Die virtuellen Projekträume organisieren alle ein Produktdaten betreffendes Entwicklungsprojekt standortunabhängig durch den kontrollierten Abgleich von Modelländerungen. Weiterhin stehen programmtechnische Hilfsmittel zur Verfügung, die es verteilt arbeitenden Teams erlauben, ihre an verschiedenen Orten laufenden Entwicklungsarbeiten bzgl. der Kommunikation und des Ablaufes zu koordinieren ohne direkte Meetings notwendig zu machen [LUE-99, STG-02]. Es wird hier von *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) gesprochen.

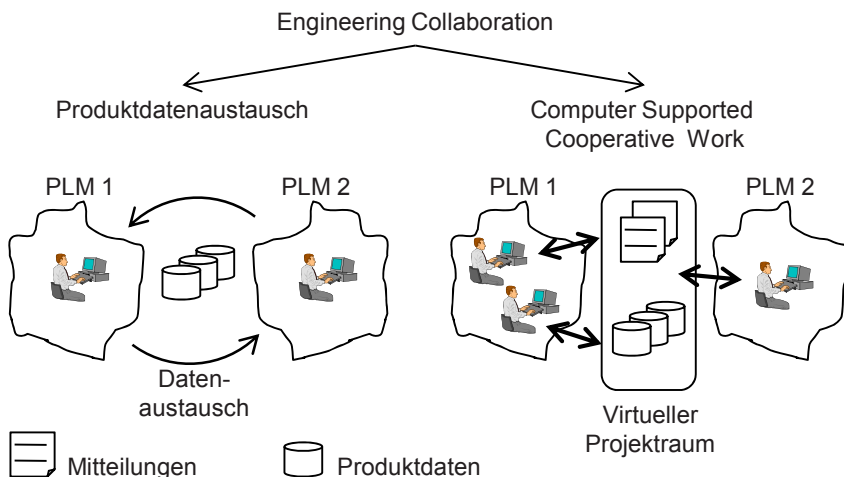


Abb. 6-50 Technische Konzepte für das Engineering Collaboration

6.7.2 Computer Supported Cooperative Work

Zur Umsetzung eines CSCW-Konzeptes sind mehrere Voraussetzungen zu erfüllen. Zunächst muss ein von allen Standorten zugänglicher virtueller Projektraum angelegt werden. Darunter wird verstanden, dass alle für den Entwicklungsprozess relevanten Objekte zusammengefasst und mit Berechtigungen für die verschiedenen Teammitglieder versehen werden müssen. Dies kann z. B. ein Änderungsauftrag sein, dessen zugehörige Mappe die Dokumente enthält und dem als Ressourcen alle Teammitglieder zugeordnet wurden. Natürlich ist zu beachten, dass beim CSCW oft auch (aus der Sicht der lokalen PLM-Lösung) externe Bearbeiter zu berücksichtigen sind. Folgende Konzepte zum Aufbau eines Projektraums lassen sich ableiten:

- *lokal in der lokalen PLM-Umgebung;*
In diesem Fall liegen immer alle Projektdaten auf einem Rechnerknoten. Daten für andere Teammitglieder werden individuell diesem Projektraum entnommen und dem Anfordernden zugestellt.
- *verteilt in einem Netz von heterogenen PLM-Umgebungen;*
Hier werden die Daten der Projekte in einem Netz von PLM-Lösungen abgelegt. Jedes Teammitglied hat auf alle Daten online-Zugriff. Das System sorgt für einen konsistenten Datenaustausch und –abgleich.
- *in einem unabhängigen, virtuellen Projektraum;*
Ein von den lokalen PLM-Umgebungen unabhängiger Datenraum (oft auch *workspace* genannt), der über das Internet von allen erreichbar ist, speichert alle Projektdaten und stellt diese auf Anforderung zur Verfügung. Dies wird von einer Reihe von Dienstleistern als Netzservice angeboten.

Um eine Kommunikation zwischen den Projektmitarbeitern zu ermöglichen, unterscheidet man zwei verschiedene Vorgehensweisen:

- *asynchrone Collaboration*
Bei der asynchronen Zusammenarbeit greifen die Mitglieder des Projektteams zeitlich unabhängig voneinander auf die Daten im Projektraum zu. Eine Aktion eines Mitarbeiters ist für die anderen Mitarbeiter vorerst nicht sichtbar. Erst nach Beendigung seiner Tätigkeit erfolgt gegebenenfalls die Benachrichtigung anderer Mitarbeiter, dass diese weitere Tätigkeiten durchführen müssen.
- *synchrone Collaboration*
Im Falle der synchronen Collaboration greifen mehrere Mitarbeiter des Projektteams innerhalb einer Session zeitgleich auf bestimmte Daten im Projektraum zu. Es werden Werkzeuge zur Verfügung gestellt, die es den Teilnehmern der Session erlauben, Aktionen der anderen Mitarbeiter direkt zu verfolgen. Eine sofortige Kommunikation (Text-Mails, audiovisuell) ist möglich.

Im einfachsten Fall kann man dazu z. B. das *NetMeeting* in MS-Windows älterer Versionen bzw. die *Windows-Teamarbeit* in MS-Windows/Vista verwenden. Mit diesen Systemen kann der Anwender auf einfache Weise eine synchrone Kommunikation in drei verschiedenen Arbeitsbereichen eröffnen (Abb. 6–51).

Die Funktionen dieser Bereiche sind:

- *Kommunikationsbereich*
In diesem Bereich besteht die Möglichkeit sich mit den anderen Projektmitgliedern zu verständigen. Das kann sowohl über einen Chat-Bereich in Form von Textnachrichten, als auch sprachlich erfolgen.
- *Datenbereich*
In diesem Bereich können Modelldaten versandt und allen am

Meeting beteiligten Personen sichtbar gemacht werden. Zusätzlich ist es möglich, Markierungen mit individuellen Farben vorzunehmen. Allerdings sind die verwendbaren Datenformate sehr eingeschränkt.

- *Prozessbereich*

Es ist weiterhin möglich, seine aktive Applikation für andere Mitarbeiter freizuschalten. Dann sind diese in der Lage, auch auf dem Arbeitsplatz eines anderen Mitarbeiters direkt zu agieren. So kann man bestimmte Arbeitsabläufe sehr einfach visualisieren.

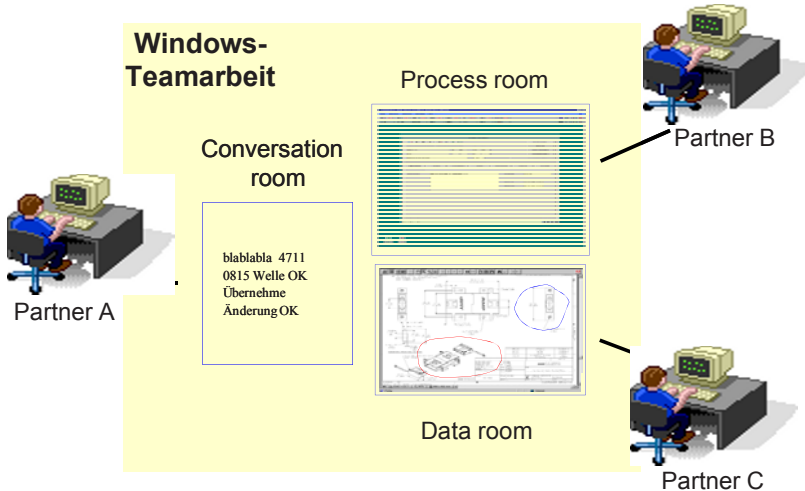


Abb. 6-51 MS-Windows-Teamarbeit als einfache Möglichkeit zum Aufbau einer CSCW-Lösung

Gestartet werden kann eine solche Sitzung direkt innerhalb der PLM-Umgebung, indem ein Projektmitglied ein Team für eine aktuelle Aufgabe zusammenstellt und dieses anwählen lässt. Anschließend stehen allen Mitgliedern dieser Gruppe die zuvor genannten Funktionen zur Verfügung.

Der Hauptnachteil einer solch einfachen Lösung besteht vor allem darin, dass die Nutzung eines virtuellen Projektraumes nicht möglich ist, die Übertragung von Geometriedaten sehr eingeschränkt (oder unmöglich) ist, keine Kommentare (redlining der Diskussion im Datenraum) gespeichert werden und auch keine Überwachung und Steuerung des gesamten Entwicklungsprozesses unterstützt wird. So bleibt dies eine Lösung für kleine Teams und einfache Aufgaben. Um größere Projekte abzuwickeln, werden erweiterte Lösungen benötigt.

Derartige hochleistungsfähige synchrone Collaboration-Umgebungen lassen eine sichere Kommunikation zwischen Projektpartnern zu und bieten alle für Entwicklungskonferenzen erforderlichen Werkzeuge. Dazu gehören die Planung von Besprechungen und das Vereinbaren der Aufgaben, das Sharing

von Applikationen (d. h. die gemeinsame Nutzung einer laufenden Applikation, wie CAD), der Austausch von Mitteilungen, die Nutzung von Chats, das Erstellen von Markups oder das Dokumentieren getroffener Entscheidungen. Abbildung 6–52 zeigt die Integration dieser Funktionen und Werkzeuge in die Oberfläche einer kommerziellen Collaboration-Lösung am Beispiel CoCreate OneSpace Live! von PTC.

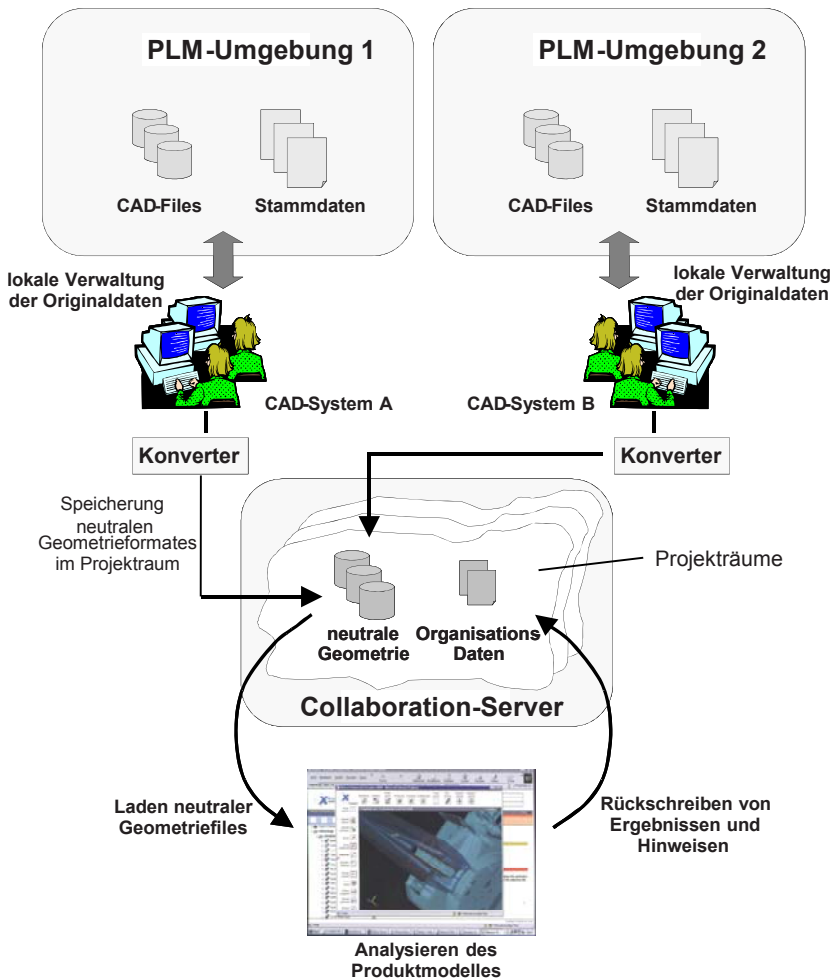


Abb. 6–52 Werkzeuge einer synchrone Collaboration Lösung (Quelle: OneSpace Life! ©;PTC)

Eine weitere Möglichkeit besteht im Einsatz von Plattformen, die die Arbeit in verteilten PLM-Umgebungen direkt unterstützen. Abbildung 6–53 zeigt das Konzept einer in [RWA-07] beschriebenen Lösung. Derartige Plattformen enthalten alle notwendigen Werkzeuge zur Administration von Zugriffsrech-

ten der beteiligten Partner auf die Objekte und Strukturen einer PLM-Umgebung. In Abhängigkeit der aktuell bearbeiteten Projekte kann so exakt bestimmt werden, welcher Partner bzgl. welchen Objektes Rechte zur Ansicht, einer Änderung oder der Eingabe von Anmerkungen hat. Techniken zur Sicherung des Internet-Datenverkehrs (z. B. über Firewalls) sind Bestandteil derartiger Plattformen. So lässt sich z. B. auf hohem Niveau eine Cross Enterprise Collaboration Lösung zwischen einem OEM und seinen Partnern aufbauen.

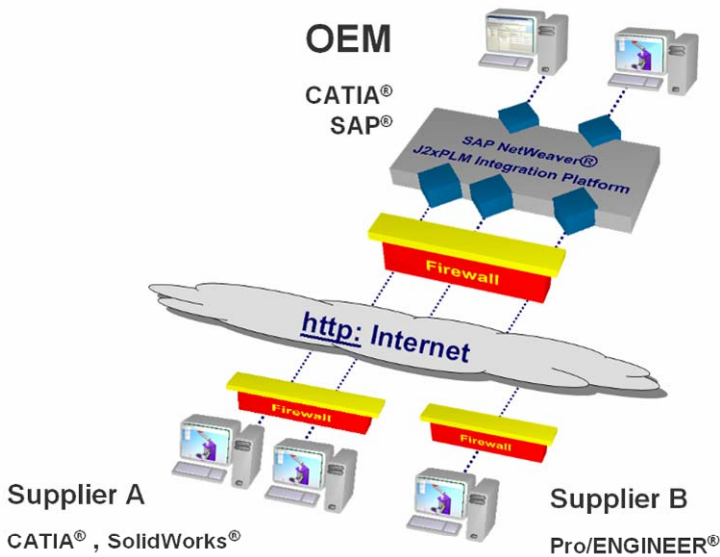


Abb. 6–53 Beispiel einer Collaboration-Plattform (Quelle: xPLM GmbH)

Ein vollständig anderes Konzept wird bei der asynchronen Collaboration verfolgt. Diese arbeitet zumeist wie in Abb. 6–54 dargestellt. Auf einem allgemein zugänglichen Collaboration-Server steht für jedes der zu bearbeitenden Projekte ein (begrenzter) Speicherbereich zur Verfügung. Dieser nimmt die für das Projekt relevanten Modelldaten auf und enthält einen Datenbereich, der die organisatorischen Informationen beinhaltet. Zu letzteren gehören Informationen über die Komponenten des Modellraumes, den Status jedes Objektes, die zugelassenen Bearbeiter etc. Jeder Mitarbeiter kann sich auf diesem Server in seinem Projektraum anmelden. Die Kommunikation erfolgt dabei meist unter Verwendung eines normalen WEB-Browsers. Jeder Teilnehmer am Entwicklungsprojekt kann lokal mit seinen speziellen Applikationen arbeiten, wie einem CAD-System, das nicht notwendigerweise mit dem der anderen Teilnehmer identisch ist. Die Einsatzfähigkeit der Anwendung hängt allerdings stark von den verfügbaren Konvertern für die vorhandenen CAD-Systeme ab. Im Rahmen der lokalen Entwicklungsarbeiten erfolgt die Verwaltung aller Entwicklungsdaten in der lokalen PLM-Umgebung. Nur Daten, die

anderen Projektteilnehmern offen gelegt werden sollen, dies sind zumeist die Teilegeometrien, werden auf den Collaboration-Server gespeichert. Dazu ist für jedes CAD-System ein entsprechender Konverter notwendig, der das native CAD-Format in das neutrale Format umwandelt, dass das Collaboration-System verwendet (z. B. jt). Dies bedeutet jedoch auch, dass nur Anwender aktiv beteiligt werden können, für deren CAD-System auch ein Konverter zur Verfügung steht.

Beim Zugriff auf Daten des Projektes werden alle relevanten (neutralen) Modell-Files zum Anwender geladen. Der Anwender kann dann die Modelle analysieren und z. B. die Passfähigkeit zu eigenen Konstruktionen prüfen. Hat er Anmerkungen oder Aufgaben für andere Mitarbeiter, so stellt er diese als Informationen zurück in den Projektraum (asynchrones Verfahren).

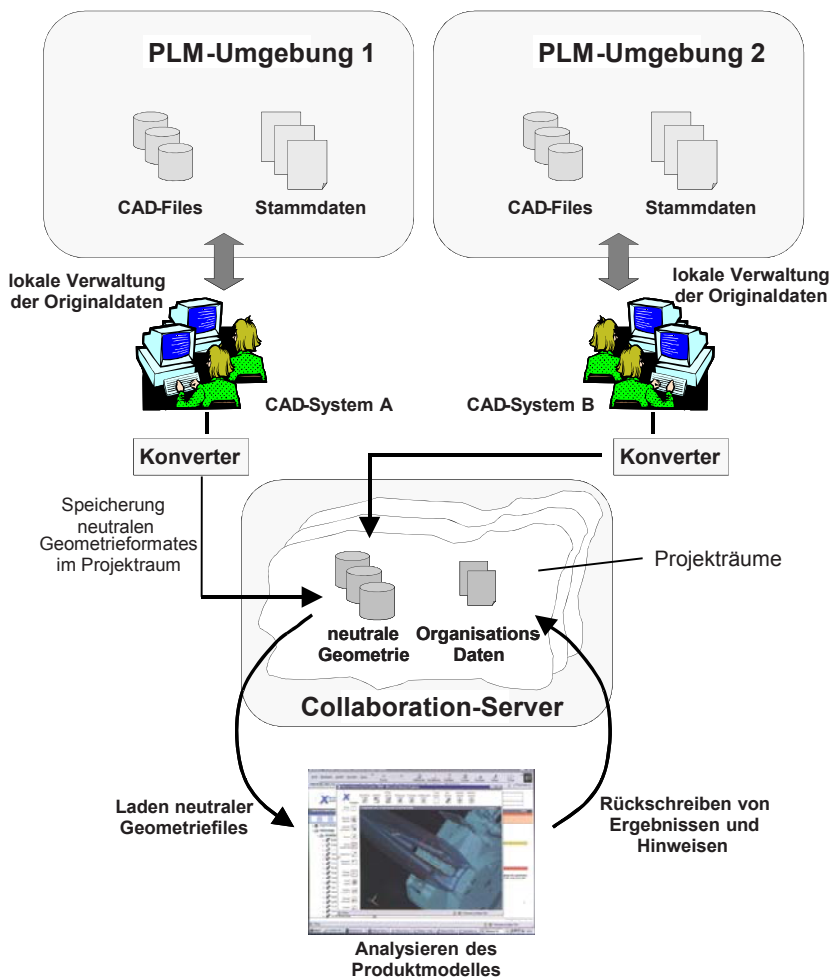


Abb. 6-54 CSCW-Konzept unter Nutzung eines Collaboration-Servers

Der Vorteil der direkt an PLM angeschlossenen Collaboration-Tools besteht vor allem in der engen Verzahnung von

- Berechtigungs- und Mitarbeiterverwaltung;
Durch Abgleich der Zugangsdaten zwischen PLM und Collaboration-Tool kann auf einfache Weise die Systemsicherheit erhöht und der Verwaltungsaufwand bei Nutzer verringert werden.
- Verwaltungsinformationen zu den CAD-Files;
Da die nativen CAD-Files prinzipiell im PLM verwaltet werden, kann durch die Kopplung der Systeme sichergestellt werden, dass auch immer aktuelle Files im Projekt zur Verfügung stehen. Konvertierungen können im Rahmen der normalen Speichervorgänge automatisch durchgeführt werden.
- dem Freigabewesen;
Im Projektraum befindliche Teile erhalten bei den meisten Systemen Freigabeinformationen. Dies soll ermöglichen, dass Teile wahlweise zum Test oder zur verbindlichen Entwicklung benutzt werden können. Diese Stati sollten sinnvoller Weise mit den Statusinformationen in der PLM-Lösung abgeglichen werden. Am günstigsten ist es, wenn derartige Entscheidungen nur im PLM erfolgen und an das Collaboration Tool weitergegeben werden.
- dem Workflow;
In der Regel hat nach erfolgter Aktion eines Mitarbeiters im Projektraum ein weiterer Mitarbeiter zu reagieren. Dazu kann im Projektraum ein Anforderungstext abgelegt und die Übertragung an den anderen Mitarbeiter veranlasst werden. Das kann z. B. durch versenden einer e-Mail erfolgen. Insbesondere für die asynchronen Verfahren ist dies sehr bedeutungsvoll. Da im PLM selbst bereits ein leistungsfähiger Workflow-Modul vorhanden ist, kann dieser sinnvoll auch für die Arbeit im virtuellen Projekt benutzt werden.

Der Collaboration Server kann sowohl innerhalb des Unternehmens stehen, als auch vom Systemvertreiber zentral betrieben werden. In letzterem Fall hat der Nutzer keinerlei Verantwortung für den Betrieb und nutzt das System auf einer Art Mietbasis. Diese Form der Nutzung von Software wird *Application Service Providing* (ASP) [AAS-06] genannt. ASP ist gekennzeichnet durch:

- der Betreiber vermietet Anwendungen oder Programmfunktionalitäten;
- der Anwender ist nicht mehr der Besitzer der Softwarelizenzen;
- Anwendungen werden zentral für eine große Anzahl von Nutzern gepflegt;
- der ASP-Anbieter sorgt für Lizenzen, Betrieb, Update etc.;
- entfernter Zugriff über das Netz.

Diese Betriebsart besitzt vor allem für kleinere Anwendungen eine Reihe von Vorteilen, wie:

- Personal- und Kosteneinsparung durch zentralen Betrieb;
- die Software kann vom Kunden über das Internet selbst konfiguriert werden, so dass weitere Ausgaben für das Customizing entfallen;
- durch den zentralen Service wird das mobile Arbeiten unterstützt.

Für die Sicherheit der Daten ist der Betreiber verantwortlich, darin liegt auch eines der Hauptprobleme dieser Technologie. Viele potenzielle Nutzer haben Vorbehalte, dem Betreiber ihre oft sensiblen Daten anzuvertrauen. Aus diesem Grund konnte sich ASP bisher nicht richtig durchsetzen [PHK-08].

Abschließend soll noch auf aktuelle Entwicklungen hingewiesen werden, die die Zielstellung des Engineering Collaboration mit hochleistungsfähigen Visualisierungslösungen auf der Basis der Virtual Reality (VR) kombinieren. Solche z. B. in [STE-08] beschriebenen Lösungen erlauben es, komplexe Produkte in mehreren verteilten Visualisierungsumgebungen (z. B. Powerwall oder CAVE; vgl. dazu Abschn. 7.2.4) räumlich erlebbar zu präsentieren (Abb. 6–55).

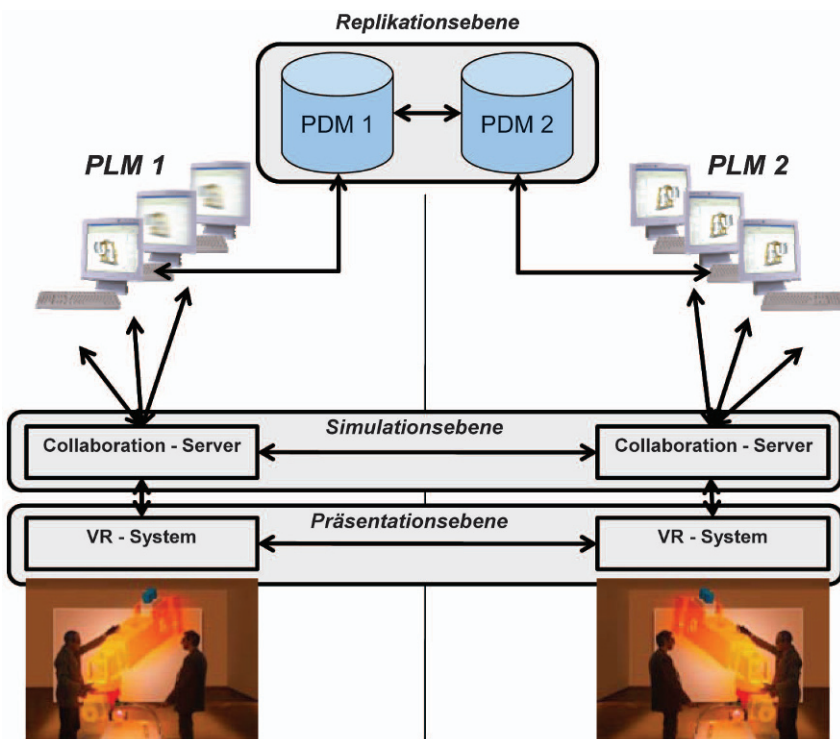


Abb. 6–55 VR-basierter virtueller Integrationsraum (nach [STE-08])

Die VR-Technik dient einmal der möglichst natürlichen Visualisierung und bietet die technische Möglichkeit, auch große und komplexe Produkte komplett darzustellen. Die Einbeziehung funktionaler Abhängigkeiten (z. B. der Kinematik) oder weitergehender Simulationen (z. B. Mehrkörpersimulationen oder Strömungen) sind ebenso möglich wie eine direkte Interaktion mit dem Produktmodell (z. B. Bedienhandlungen). Da in dieser Umgebung geometrische Modelle auch unterschiedlicher CAD-Systeme ebenso visualisiert werden können wie Verkabelungen aus dem E-CAD, spricht man auch vom *virtuellen Integrationsraum*. Verteilte PLM-Lösungen sind dazu auf drei unterschiedlichen Ebenen gekoppelt. Die Replikationsebene sorgt dafür, dass geänderte Produktdaten in den PDM-Systemen aller beteiligten PLM-Umgebungen aktuell verfügbar sind (vgl. Abschn. 6.7.3). Die Simulationsebene stellt der Collaboration-Lösung im Integrationsraum alle für das untersuchte Objekt erforderlichen Modelle (Teile, Baugruppenstrukturen, Simulationsergebnisse) aus der PLM-Lösung bereit. Die Visualisierungsebene ist meist Teil des eingesetzten VR-Systems und stellt sicher, dass die Aktionen in einer Umgebung (z. B. PLM 1) zeitgleich in allen anderen PLM-Umgebungen (hier z. B. im PLM 2) sichtbar werden. Damit ist eine hochwertige Kommunikation zwischen verteilt arbeitenden Teams möglich.

Auf weitere Aspekte der Visualisierung in der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit wird in [AND-07] verwiesen.

6.7.3 Verteilte Systeme - Datenreplikation

Ist die Zusammenarbeit von Partnern an unterschiedlichen Standorten notwendig, so ist es erforderlich, die Daten der jeweils genutzten PLM-Lösungen abzugleichen. Handelt es sich um Standorte eines Unternehmens, so kann man i. d. R. davon ausgehen, dass überall das gleiche PLM-Konzept verwendet wird. Die Anforderung liegt also darin, an allen Standorten Zugriff auf zuverlässige aktuelle Daten und Dokumente zu gewährleisten. Dabei stehen solche Fragestellungen, wie Zugriffskontrolle, Konfliktbehandlung bei Änderungen und die Performance des Zugriffs im Vordergrund. Je nach den zur Verfügung stehenden technischen Verbindungen der Standorte stehen hier unterschiedliche Methoden der Kopplung zur Verfügung. Werden Daten zwischen verschiedenen Lokationen der gleichen PLM-Lösung ausgetauscht, so spricht man von *Replikation in homogenen Umgebungen*. Die Replikation beschreibt dabei einen Vorgang, bei dem durch die Erstellung von Kopien von Datenbeständen (Datenobjekte oder Files) auf einem oder mehreren entfernt liegenden Rechnersystemen der Zugriff auf diese Daten erleichtert (z. B. bei wenig leistungsfähigen Netzanschlüssen) oder überhaupt erst ermöglicht wird (z. B. bei off-line Systemen). Die Replikation kann entweder nach jeder erfolgten Neuanlage bzw. Änderung eines Datums oder alternativ zu fest vereinbarten Zeitpunkten (z. B. nachts) erfolgen.

Erweitert werden müssen die bei der Replikation angewandten Verfahren bei der Arbeit in heterogenen Umgebungen, d. h. wenn Daten mit anderen Anwendungen oder fremden PLM-Lösungen auszutauschen sind, wie dies vor allem bei der Zusammenarbeit mit Zulieferern oder Kunden auftritt. Man spricht hier allgemein vom *Datenaustausch*. Bei der Arbeit in homogenen Umgebungen kann davon ausgegangen werden, dass auf allen Standorten identische Systeme arbeiten und die Datenstrukturen und File-Formate kompatibel sind [LGM-00].

Unterschiedliche Arbeitsweisen sind vor allem in Abhängigkeit folgender Kriterien sinnvoll:

- der Qualität der zwischen den Standorten verfügbaren Netzverbindungen; Diese unterscheiden sich insbesondere durch die Übertragungskapazität und Verfügbarkeit. Ist es notwendig, häufig auf verteilte Daten zuzugreifen, so muss in Abhängigkeit der Netzqualität entschieden werden, ob es möglich ist, die Daten jeweils über das Netz zu laden oder eine lokale Ablage vorzusehen.
- der am Standort geplanten Zugriffsmethode; Hier muss man vor allem zwischen Entwicklungsstandorten (Lese-Schreib-Zugriff) und Fertigungsstätten (reiner Lese-Zugriff) unterscheiden.
- der Zugriffsberechtigung.

In allen Fällen hat es sich als notwendig erwiesen, mit einer sog. Sternverbindung zu arbeiten. Dabei übernimmt ein Standort die Rolle des Masters. Der Master muss nach einem festzulegenden Intervall immer Kenntnis über den Status aller im Netz existierenden Daten besitzen. Alle anderen Standorte greifen auf diesen Master zu (Abb. 6–56).

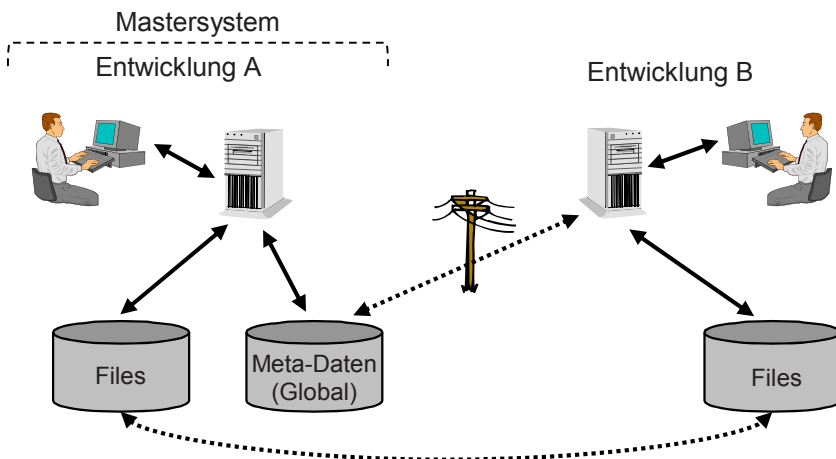


Abb. 6–56 Homogenes Netz bei guter Verbindung

Kann man von einer guten bis sehr guten Verbindung zwischen den Standorten ausgehen, so ist es unter Umständen möglich, dass von allen Standorten (z. B. **B**) auf das Mastersystem (**A**) direkt zugegriffen wird. Neben den Einstellungen des Systems werden die Metadaten und auch die benötigten Files jeweils über das Netz gelesen. Systemeinstellungen, also Informationen über die aktuelle Version des Datenmodells, und Metadaten bereiten i. d. R. keine Probleme, da es sich um recht geringe Datenmengen handelt. Zusätzlich lassen sich bei einem derartigen Direktzugriff viele Probleme vollständig verteilter Systeme vermeiden. Die Zugriffsberechtigung, der aktuelle Freigabestatus oder auch Informationen darüber, wer gerade eine Änderung an einem Teil durchführt, stehen immer zuverlässig zur Verfügung.

Problematischer ist der Netzzugriff auf die Geometrie-Files. Schon bei lokaler Arbeitsweise ist die Performance der CAD-Anwendungen oft sehr kritisch. Werden die gesamten Geometriedaten (oft im Gigabyte-Bereich) immer über das Netz gelesen oder geschrieben, so sind inakzeptable Performance-Werte zu erwarten. Dies gilt auch, wenn man davon ausgeht, dass zumindest der Zugriff während (!) der CAD-Arbeit auf einem lokalen Cache des CAD-Systems aufsetzt. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen setzt man häufig einen Cache auch für das PLM ein. Dieser arbeitet so, dass alle auf einen Standort über das Netz geladenen Files, bevor sie dem anfordernden Nutzer zur Verfügung gestellt werden, zuvor in einem lokalen Speicherbereich abgelegt werden. Dort bleiben die Files auch nach Beendigung der Arbeiten liegen. Bei einem späteren wiederholten Zugriff auf das PLM wird nach dem Lesen der Metadaten und vor dem Zugriff auf die Geometrie-Files eine Zusammenstellung aller benötigten Files einschließlich der gerade aktuellen Versionsinformationen erzeugt. Mit dieser Zusammenstellung wird der lokale Cache geprüft. Nur die Files, die lokal nicht oder in einer veralteten Version vorhanden sind, werden aus der Master-PLM-Umgebung geladen. Mit dieser Arbeitsweise lässt sich eine weit performantere Arbeitsweise erreichen. Lokal geänderte Daten werden beim Beenden der Arbeit allerdings immer auf den Master-Bereich zurückgeschrieben. Insofern bringt diese Arbeitsweise natürlich auch besonders für solche Standorte große Vorteile, die sowieso nur lesend auf die zentralen Daten zugreifen müssen.

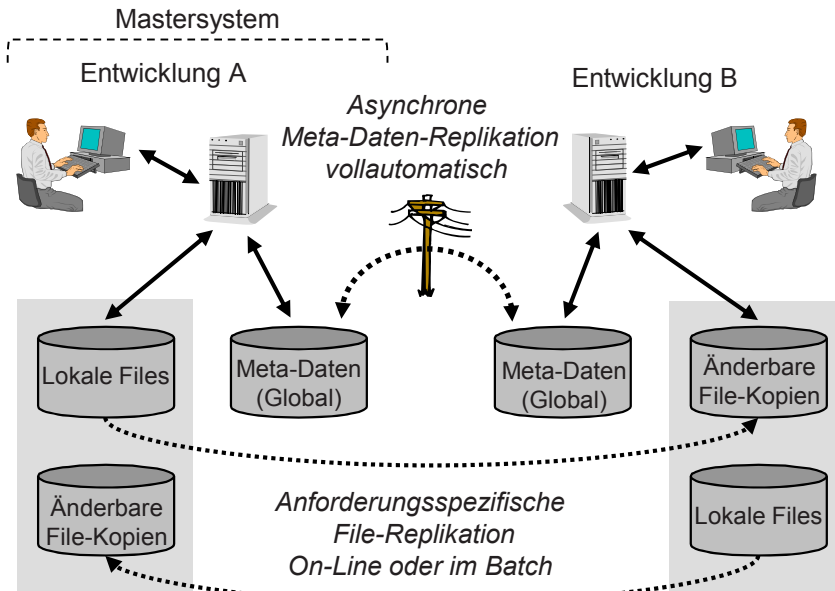


Abb. 6-57 Homogenes Netz bei schlechter Verbindung

Steht nur eine langsame Verbindung zur Verfügung oder ist davon auszugehen, dass die Verbindung nicht zuverlässig verfügbar ist, so kann man mit der soeben dargestellten Lösung nicht arbeiten. Es wird dann notwendig, jeden Standort vollständig autonom zu verwalten. Man spricht von Replikation (Abb. 6-57). Bei dieser Vorgehensweise besitzt jeder Standort eine komplette PLM-Instanz inklusive aller Metadaten. Beim Zugriff auf ein bestimmtes Dokument wird dann auch nur diese lokale PLM-Instanz angesprochen. Um die Informationen konsistent zu halten, werden die Metadaten in bestimmten Zeitintervallen abgeglichen. Da dies meist asynchron geschieht, kann es vorkommen, dass ein Dokument gleichzeitig auf verschiedenen Instanzen verändert wird. Beim Abgleich prüft das System derartige Fälle und führt bei Bedarf Konfliktbehandlungen durch. Dabei ist es oft durchaus sehr kompliziert, sinnvolle Maßnahmen zu ergreifen, ohne die Konsistenz der Dokumente (inklusive der Dokumentenstrukturen) zu verletzen. Am besten ist es allerdings, derartige Möglichkeiten von vornherein auszuschließen. Dies ist z. B. möglich, indem entweder Dokumente von vornherein nur auf bestimmten, festgelegten Instanzen geändert werden dürfen oder indem Änderungen so anzumelden sind, dass das System im Rahmen eines Abgleichs vor der Durchführung der Änderung die Zugriffsrechte prüfen und ggf. modifizieren kann.

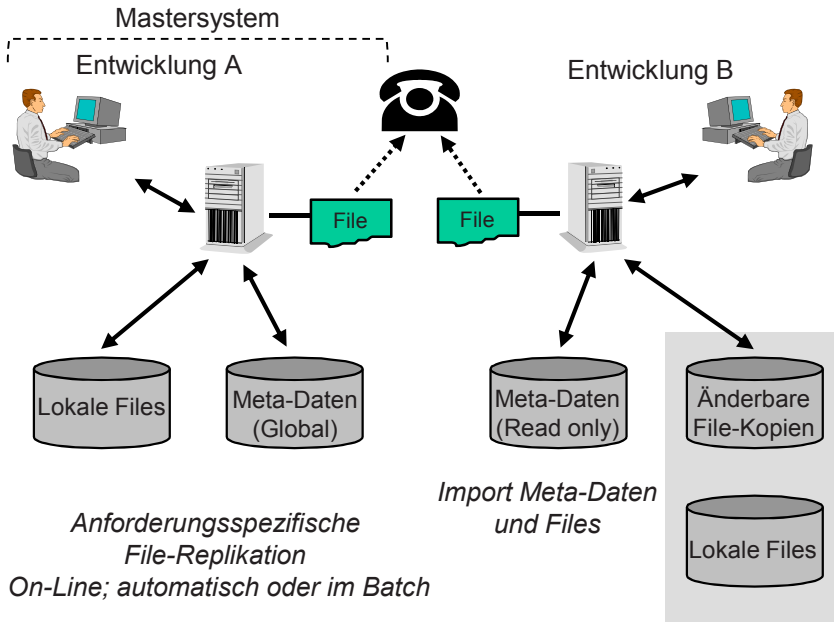


Abb. 6–58 Off-line-Anbindung von Fertigungsstätten in homogenen Netzen

Bei der beschriebenen Arbeitsweise bleiben Files üblicherweise am jeweils letzten Bearbeitungsort lokal gespeichert. Erst beim Zugriff auf ein Dokument wird geprüft, ob der zugehörige File aktuell lokal vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, so wird er wahlweise online (vorzugsweise bei kleineren Files) oder zeitversetzt im Batch (bei großen Files oder File-Strukturen) auf den jeweiligen Standort geladen. Vor allem Fertigungsstätten liegen oft entfernt von der Entwicklung und sind in vielen Fällen auch nur über schlechte Netzverbindungen zu erreichen (Abb. 6–58). Die Fertigungsstätte besitzt dann zwar eine eigene Instanz des PLM, allerdings besteht auf alle darin enthaltenen Daten, soweit diese aus dem Master-System übernommen wurden, nur Lesezugriff. Die Bereitstellung der Daten erfolgt dabei unter Nutzung eines Übergabe-Files. Dieser enthält einen Export aller für die Fertigungsstätte relevanten Metadaten und Files. Dieser Übergabe-File kann entweder über eine Online-Verbindung überspielt oder auch z. B. auf einer CD versandt werden. Lokal wird der File dann per Importfunktionalität in die PLM-Umgebung eingespielt. Bei Bedarf stehen die PLM-Funktionen auch der Fertigungsstätte zur Verwaltung eigener Daten zur Verfügung.

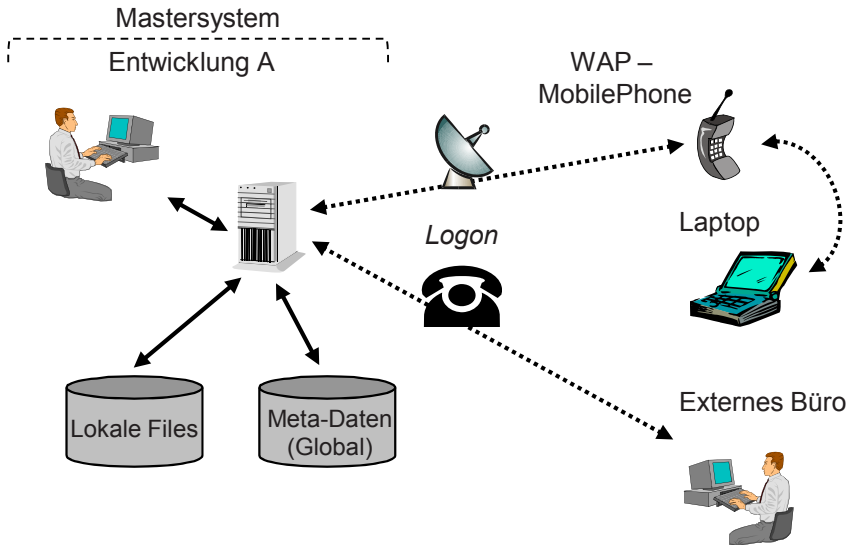


Abb. 6–59 Externer Zugriff auf eine lokale PLM-Umgebung

Sporadische Nutzer der PLM-Daten oder solche entfernten Anwender, die nur kurzfristig oder selten auf die Daten zugreifen müssen (wie z. B. externe Ingenieurbüros) können schließlich vollständig ohne lokale Daten arbeiten. Entsprechend Abb. 6–59 erfolgt dann ein direktes einloggen auf die Master-PLM-Umgebung. Je nach Sicherheitsstandards kann dies über das Internet oder eine spezielle Einwahlverbindung erfolgen. Damit stehen die PLM-Daten auch solchen Nutzern zur Verfügung, die von unterwegs z. B. über ein WAP-Mobilephone oder ein über Modem an ein Mobilephone einem per Handy angeschlossenen Laptop arbeiten müssen. Die Frage, ob ein externes Büro sich überhaupt direkt auf das Master System oder evtl. nur auf eine Kopie verbinden darf, muss von Fall zu Fall entschieden werden.

6.7.4 Austausch von Produktinformationen

Der Datenaustausch von Produktinformationen ist oft auf den Austausch von Geometrie- und Strukturdaten beschränkt. Geometriedaten können in verschiedenen Arten übergeben werden:

- *im nativen CAD-Format*
In diesem Fall werden die Geometrieinformationen in dem Format verteilt, wie sie das lokal genutzte CAD-System verarbeitet. Als Folge können natürlich nur die Partner mit den Daten arbeiten, die das gleiche CAD-System besitzen. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass eine Vielzahl von Informationen und Abhängigkeiten, die nur im nativen File abgebildet werden können, bestehen bleiben und eine problemlose Weiterarbeit ohne weiteres

möglich ist. Dazu gehört z. B. die Abfolge der durchgeführten Systemaktionen und davon abgeleitet die Struktur der im Modell benutzten Feature. Für eine Weitergabe an einen größeren Partnerkreis scheidet dieses Verfahren meist aus, da nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden kann, dass die CAD-Systeme übereinstimmen. Um trotzdem mit nativen Formaten arbeiten zu können, legen viele Auftraggeber fest, dass ihre Partner das CAD-System des Auftraggebers einzuführen haben (speziell im Automotive Bereich üblich).

- *im neutralen Datenformat*

Es gibt eine Reihe von Vorschlägen die nativen CAD-Formate in ein solches Zwischenformat umzuwandeln, dass ein weiteres CAD-System aus diesem Format mit einem Eingangskonverter wiederum sein eigenes CAD-Format erzeugen kann. Dann ist ein Austausch möglich, soweit jedes beteiligte CAD-System jeweils einen Konverter zur Erzeugung und einen Konverter zum Lesen des Übergabeformates besitzt. Bekannte Standards sind IGES¹⁴ (ANSI Y 14.26), VDAFS¹⁵ (DIN 66301) oder STEP¹⁶ (ISO 10303). Diese Austauschformate sind immer dann erforderlich, wenn eine weitere Bearbeitung der CAD-Daten erforderlich ist. Ist dies nicht notwendig, so stehen auch Geometriebeschreibungen bereit, die zwar einen Austausch zulassen, jedoch nur eingeschränkt für die weitere Änderung geeignet sind. In diesem Umfeld wird heute vorrangig JT für den 3D-CAD-Bereich genutzt. Dieses Format hat gegenüber älteren Standards, wie VRML oder STL, den Vorzug, dass es sehr universell einsetzbar ist. Denn es enthält sowohl eine tesselierte Flächenbeschreibung (Dreiecksflächen), als auch ein sog. Brep-Modell. Damit kann es neben dem Geometrieaustausch auch für die Archivierung, als Visualisierungsformat oder als Container für die zusätzliche Aufnahme von Zeichnungsinformationen benutzt werden. Als Voraussetzung benötigt man einen Konverter, der aus dem jeweiligen nativen Format das neutrale Format erzeugt. Die neutralen Formate können dann in speziellen Viewern betrachtet und auch analysiert werden. Dies ist auch Grundlage der meisten Digital Mock-Up Applikationen. Für Kollisionsbetrachtungen, Strukturanalysen etc. reicht dieses Format meist aus. Bei der Auswahl des Datenformates sollte man auch beachten, dass der Aufwand für die Arbeit mit den klassischen Übergabeformaten, wie z. B. STEP, häufig nicht erforderlich ist. Denn eine lokale Änderung von Teilen, welche Zulieferer oder Partner entwickelt haben, ist zumeist nicht sinnvoll.

¹⁴ Initial Graphics Exchange Specification

¹⁵ Abkürzung für Verband der Automobilindustrie-Flächenschnittstelle

¹⁶ STandard for the Exchange of Product model data

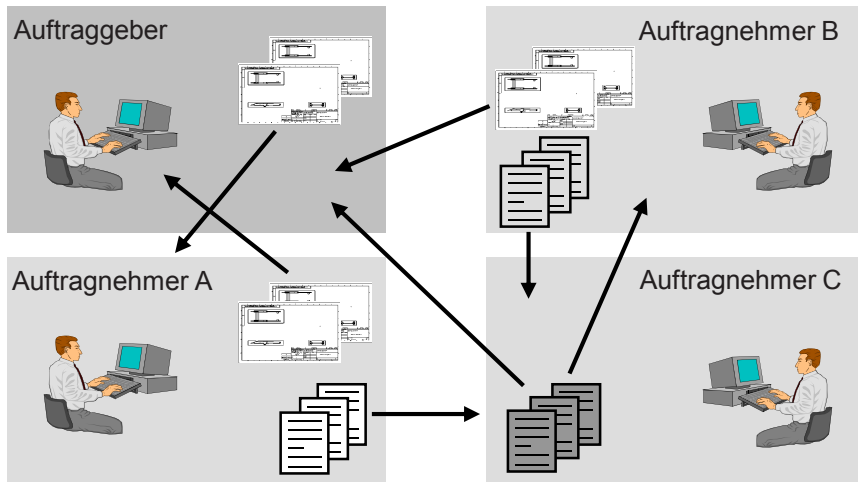


Abb. 6–60 Zusammenarbeit im heterogenen Netz

Problematisch ist bei allen bekannten Übergabeverfahren, dass es meist nicht möglich ist, die Strukturen und Abhängigkeiten (z. B. Constrains; Parameter) des nativen Formates vollständig zu übergeben. Eine lokale Nutzung derart bereitgestellter Geometrien ist aber oft mit großem Aufwand verbunden, da so wesentliche Informationen, wie die zugehörigen Stammdaten, Strukturinformationen, Stücklisten oder auch Berechtigungsinformationen nicht direkt übernommen werden. Deshalb wird oft dem Partner der direkte Zugriff auf das PLM des Auftraggebers gewährleistet. Dies hat natürlich dann seine Grenze, wenn der Partner selbst über ein PLM verfügt oder wiederum mit weiteren Partnern zusammenarbeitet (Abb. 6–60). In diesen Fällen wird man eine Arbeitsweise wählen, die es ermöglicht lokale PLM-Lösungen möglichst verlustfrei mit den PLM-Umgebungen der Partner zu heterogenen Netzen zu koppeln [DOM-00].

Der Aufbau *heterogener Netze* hat das Ziel, verschiedene lokale PLM-Instanzen so zu verbinden, dass neben dem Austausch von Geometriedaten auch der Austausch der zugehörigen Metadaten möglich wird. Dies soll möglichst ohne die Entwicklung spezifischer Kopplungsmoduln für den Transfer zwischen je zwei konkreten Systemen möglich sein. Derartige Lösungen werden in vielen Unternehmen eingesetzt. Lange Zeit scheiterte die produktive Nutzung allerdings daran, dass es zwar für den neutralen Austausch der Geometriedaten eine Reihe von Standardvorschlägen gab, vergleichbare Normen für die Übergabe der PLM-Daten jedoch noch auf vergleichbar niedrigem Niveau lagen.

Unter der Voraussetzung des Einsatzes von STEP [AND-00], kann man den Austausch wie folgt beschreiben (Abb. 6–61):

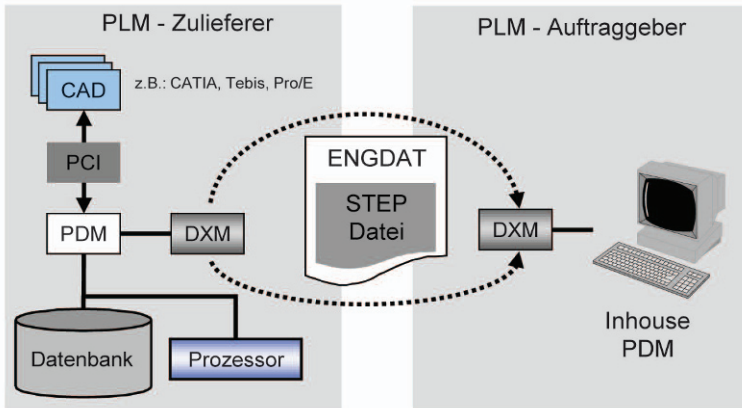


Abb. 6-61 Datenaustausch über DXM und STEP

STEP, wie alle anderen Übertragungsstandards, geht davon aus, dass es ein für alle verbindliches Austauschformat gibt. Jeder Partner hat dafür zu sorgen, dass entsprechende Konverter aus den lokalen Formaten dieses Austauschformat erzeugen und, in der anderen Richtung, auch in der Lage sind, dieses Austauschformat zu lesen. Der Austausch von Produktinformationen muss in den Austausch der Geometriedaten und den der PLM-Informationen gegliedert werden.

Das logische Kontrollzentrum für den Austausch ist das PLM. Über dieses veranlasst der Anwender die Bereitstellung der für den Austausch benötigten Daten. Dazu werden durch das CAD-System Geometrie-STEP-Files und über einen PLM-STEP-Prozessor neutrales Metadatenformat bereitgestellt. Weiterhin muss ein sog. Export-Auftrag erzeugt werden. Diese Files müssen nun noch zu einem geschlossenen Auftrag zusammengefasst werden, der dann verschickbar ist. Dies kann z. B. mit dem „Data Exchange Manager“ (DXM) der ProSTEP GmbH durchgeführt werden. Als Ergebnis entsteht dann eine Nachricht im ENG DAT-Format¹⁷, die der Empfehlung 4951 des Verbands der Automobilindustrie (VDA) sowie dem Odette-Standard ODG11ED9206 entspricht. Enthalten sind Informationen über Sender, Empfänger sowie die CAD-Dateien. Auch weitere Informationen, wie beispielsweise über das zugrunde liegende Projekt oder den Versionsstand, sind Komponenten von ENG DAT. Dieser Datensatz wird dann an den beabsichtigten Partner versandt und die Auftragsdaten im PLM abgelegt. So kann später problemlos jeder Austauschvorgang nachvollzogen werden. Eventuell aufgetretene Fehler sind gleichfalls abrufbar.

Der Import in das Partnersystem erfolgt analog. Alle Daten des Auftrages werden über Prozessoren in die PLM-Umgebung eingelesen, CAD-Daten in das Zielformat konvertiert und ein zugehöriger Importauftrag abgelegt. So kann auch auf der Empfängerseite jederzeit über die Importvorgänge recher-

¹⁷ Engineering Data Message

chiert werden. Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei der Übertragung parametrischer 3D-CAD-Daten mittels STEP werden in [PRO-07] diskutiert. STEP-Schnittstellen werden auch teile- bzw. produktspezifisch entwickelt bzw. zum allgemeinen Datentransfer zwischen Anwendungssoftware eingesetzt, wie z. B. in [HSI-05] berichtet wird. Wenngleich gerade in Europa der Datenaustausch auf der Basis von STEP der favorisierte Standard ist und auf langjährige Erfahrungen in Entwicklung und Standardisierung zurückschauen kann, werden doch auch weitere Vorschläge diskutiert.

Besonders die auf dem Austauschformat XML basierten Definitionen entwickeln sich international stark. Dies liegt vor allem daran, dass XML zunehmend als Quasistandard im Internet betrachtet werden kann. Daten, die in diesem Format vorliegen, haben folglich gute Voraussetzungen um im Internet einfach übertragen und ausgewertet werden zu können (vgl. zu XML speziell auch Abschn. 6.7.7). Ein Standard, der auf XML basiert, ist PDX (*Product Definition eXchange*) [COV-01]. Der Fokus dieses Standards liegt im Bereich der Elektronikindustrie und soll helfen, die Übertragung von Produktinformationen zwischen Endfertigern, Zulieferern und Ingenieurbüros sicherzustellen. Die PDX Standard Gruppe ist eine Arbeitsgruppe der NEMI VFIIP (National Electronics Manufacturing Initiative, Virtual Factory Information Interchange Project). In dieser Gruppe arbeiten vor allem Mitglieder führender Firmen der Elektronik- und Softwarebranche mit, die sich mit Fragen des Supply Chain in Herstellung oder Service beschäftigen.

Als weitere Standardinitiative sei auf PLML verwiesen. Diese *Product Data Markup Language* ist vollständig auf den Einsatz von XML orientiert und soll gleichfalls dem Datenaustausch zwischen PLM-Lösungen dienen [BUR-99]. Auch hier stand die Elektronikindustrie Pate (Joint Electronic Commerce Program Office - JECPO). Besonders interessant an PLML ist, dass dieser erklärtermaßen nicht etwa mit solchen Standards wie STEP in Konkurrenz treten will, sondern diesen aufgreift und weiterentwickelt. So nutzt PLML:

- STEP als Basismodell für den Datenaustausch der Produktdaten;
- EXPRESS zur Spezifikation des Datenmodells (da EXPRESS wesentlich mächtigere Beschreibungsmöglichkeiten als SGML oder XML anbietet);
- XML als Auszeichnungssprache für den Austauschvorgang (wobei Konverter von EXPRESS zu XML geschaffen werden);
- das INTERNET als Austauschplattform.

Somit kann die Idee von PLML darin gesehen werden, die besten Features bereits bekannter Technologien zu vereinen.

6.7.5 Verfahren der Datenübertragung

Für den Transport der Daten zwischen den Teilnehmern eines Datenaustausches gibt es mehrere Möglichkeiten. Gegenwärtig am verbreitetsten sind *INTERNET-basierte Lösungen* (Abb. 6-62).

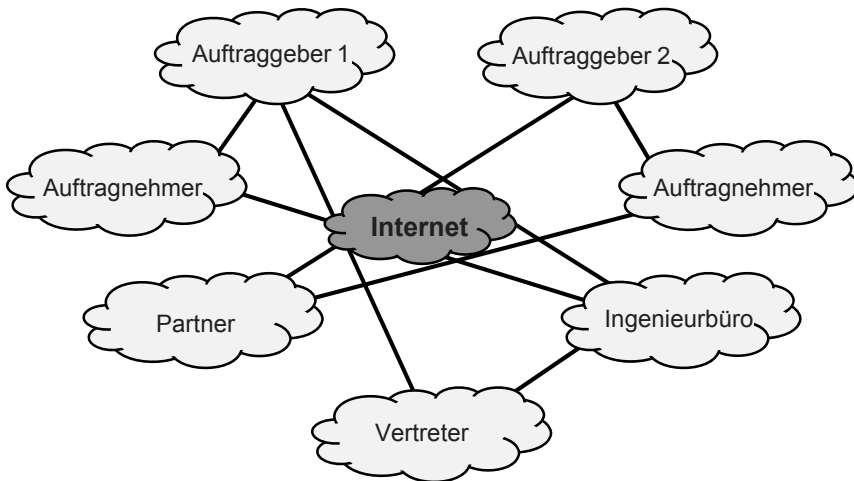


Abb. 6-62 Kommunikation über das Internet

Ihr Vorteil liegt vor allem in der allgemeinen Verfügbarkeit. Die Kommunikation geht davon aus, dass jeder Teilnehmer eine Verbindung zu einem Internet-Provider seiner Wahl hat sowie über die übliche Software (wie Internet-Explorer oder Netscape) verfügt. Bei der Arbeit über das Internet sind unterschiedliche Werkzeuge und natürlich auch Aufwendungen notwendig, je nachdem ob auf Informationen eines Anbieters zugegriffen oder auch eigene Informationen angeboten werden sollen. Da diese Techniken für viele Unternehmen eine besondere Bedeutung haben, soll darauf im Folgekapitel speziell eingegangen werden. Neben den Vorteilen des geringen Aufwandes haben die Internet-basierten Lösungen vor allem mit den typischen Problemen dieses öffentlichen Netzes (wie Performance, Verfügbarkeit und Sicherheit) zu kämpfen. Außerdem müssen die Verbindungen zwischen allen Partnern sichergestellt werden. Dies bedeutet einen nicht unerheblichen Aufwand.

Den genannten Nachteilen wird bei den *Extranet-Lösungen* (Abb. 6-63) entgegengewirkt, indem jeweils für einen Main-Contractor eine Kommunikationsplattform zur Verfügung gestellt wird. An die koppeln sich dann alle Partner an. Damit wird also jeweils eine Gesellschaft mit ihren Partnern verbunden. Für diese Gesellschaften kommt es dabei zu erheblichen Einsparungen, da nur noch eine Schnittstelle gepflegt werden muss. Anders sieht es natürlich für die Lieferanten und Partner aus. Deren Aufwand wird nicht reduziert. Hat er mehrere Auftraggeber, so muss er auch mehrere Extranet-Kopplungen realisieren.

Um dem wachsenden Informationsfluss, der besonders in der Automobilindustrie herrscht, künftig besser zu bewältigen, wird aber laufend daran gearbeitet bessere Kommunikationsstrukturen zu schaffen [SCB-07].

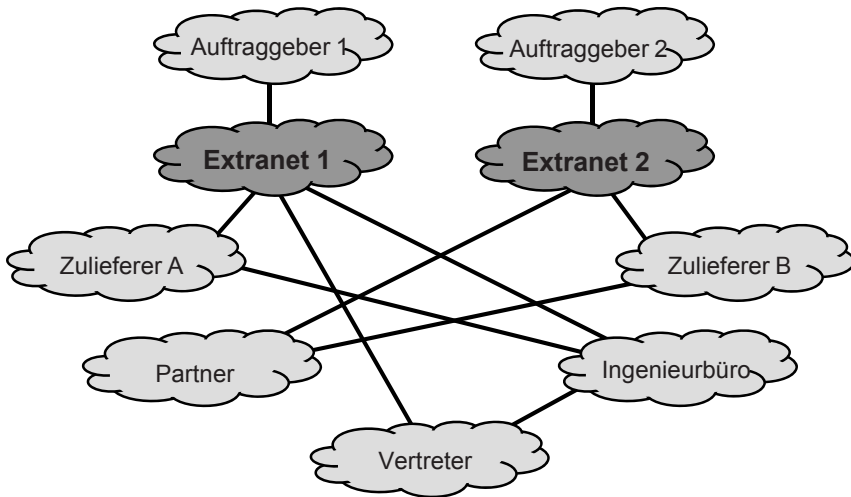


Abb. 6–63 Kommunikation im Extranet

Vorhandene Plattformen sind zu starr, zu isoliert und auch zu teuer. Die große Zahl von Netzwerkumgebungen, Protokollen und Übertragungstechniken richtet vor allem für kleinere und mittlere Unternehmen Technologie- und Kostenhürden auf. Als ein Lösungsvorschlag gilt das „European Network Exchange“ [GLE-07].

ENX ist ein *virtual private network* (VPN) und unterscheidet sich vom öffentlichen Internet durch Qualitätsmerkmale wie Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit und Betriebsmanagement [KRG-07]. Als besonderer Vorteil ist zu sehen, dass alle Beteiligten auf eine gemeinsame Plattform zugreifen können (Abb. 6–64).

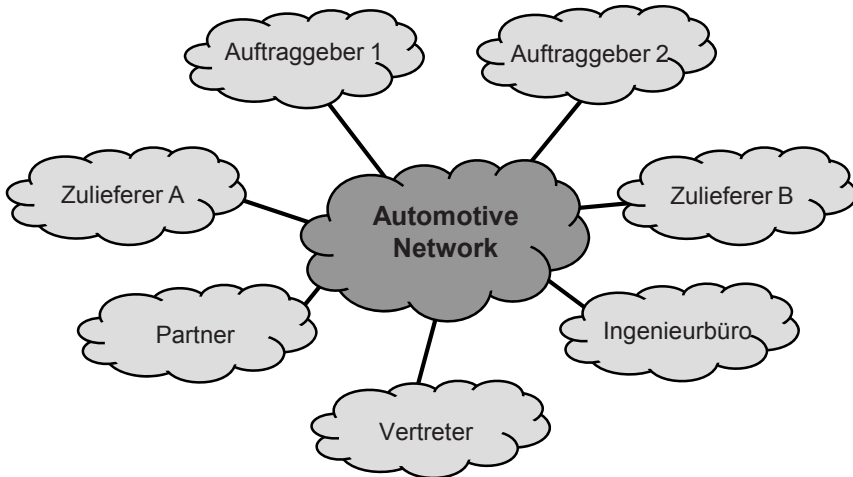


Abb. 6–64 Kommunikation bei Anwendung von ENX als einheitlicher Kommunikationsplattform

In den USA ist ein vergleichbarer Standard (ANX) bereits seit 1998 im Einsatz. In Asien (JNX, KNX) und Australien (AANX) gibt es ebenfalls derartige Projekte. Geplant ist, die verschiedenen Netze zu einem weltumspannenden Globalwerk (GNX) zusammenzuführen (Abb. 6–65).

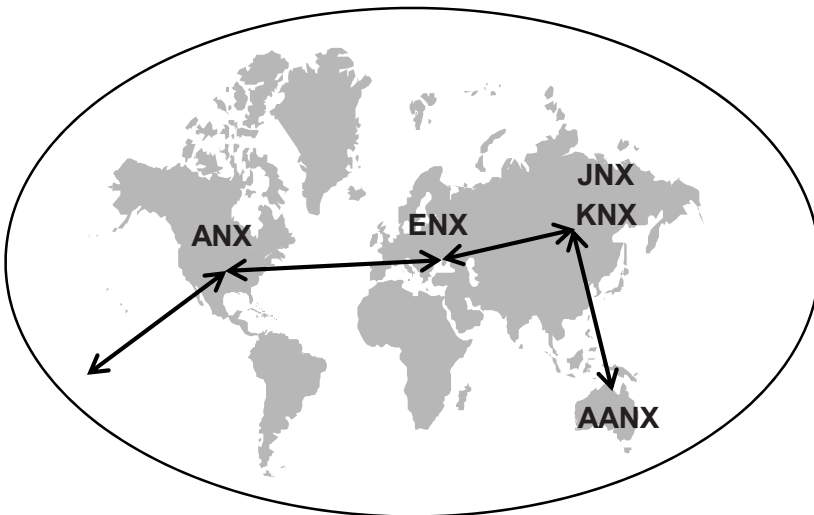


Abb. 6–65 Aufbau eines weltweiten Kommunikationsnetzes (GNX)

formationen verloren. Versucht man, mit hohem Aufwand spezielle Daten (z. B. Preisinformationen zu Kaufteilen) direkt aus der HTML-Seite zu extrahieren, so ist mit einer großen Fehleranfälligkeit zu rechnen. Dies liegt daran, dass es mit HTML vor allem nicht möglich ist, die übertragenen Informationen semantisch auszuzeichnen. Es gibt also kein Element „PREIS“ (da dieses in der HTML-DTD nicht definiert wurde). Vielmehr müsste dies über Positionsfestlegungen und weitere Kontextfestlegungen erkannt werden. Würde die betreffende Seite umgestaltet, so würde auch der Parser einen falschen Wert für den Preis liefern. Abbildung 6–66 zeigt dies am Beispiel einer gegenwärtig noch üblichen HTML-Portal Seite eines WEB-Marktplatzes.

Als Ausweg wurde ein Subset der SGML entwickelt, mit dem es auf einfache Art möglich ist, eigene, an die jeweilige Aufgabe angepasste Auszeichnungssprachen zu entwickeln. Dieses Subset ist XML. Es vereinfacht die recht kompliziert anzuwendende Metasprache SGML soweit, dass sie einer breiten Anwendung offen steht. Damit stellt sich die Nutzung von XML für die Beschreibung von Dokumenten entsprechend Abb. 6–67 dar.

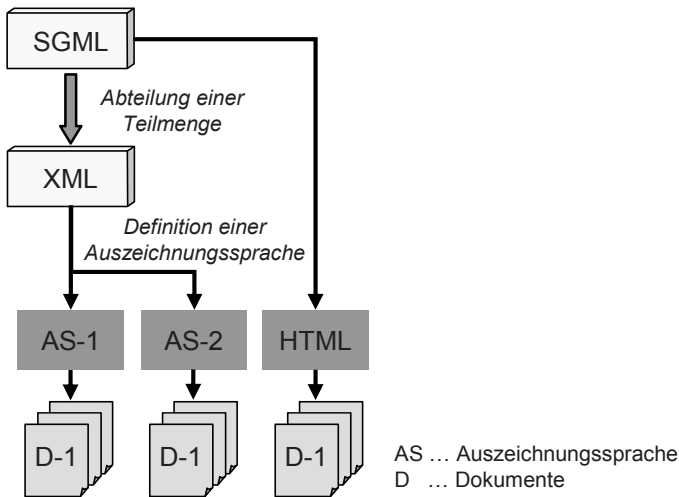


Abb. 6–67 Beschreibung von Dokumenten mittels einer Auszeichnungssprache

Während XML genau wie SGML eine Metasprache zur Entwicklung von weiteren, problemabhängigen Auszeichnungssprachen ist, stellt HTML direkt eine solche (abgeschlossene) Auszeichnungssprache dar [FIH-00]. Die für die Datenübertragung benutzten Dokumente können dann je nach Aufgabe unter Nutzung einer der Auszeichnungssprachen beschrieben werden.

Während die benötigte DTD im Falle von HTML quasi in die verwendeten Browser „einprogrammiert“ ist, ist sie bei XML-Dokumenten im sog. Prolog enthalten. Abbildung 6–68 zeigt ein Beispiel eines derartigen Dokumentes.

Internet-Applikationen, die dem Austausch von Daten dienen, werden bereits in kurzer Zeit ausschließlich mittels XML-basierter Dokumente arbeiten.

Damit ist auch eine wesentliche Voraussetzung für die breite und einfache Nutzung von Daten über WEB-Portale gegeben. Darüber hinaus setzt sich XML jedoch auch für den direkten Datenaustausch zwischen PLM-Lösungen bzw. zwischen PLM-Lösungen und weiteren externen Applikationen durch. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, dass mit der Anwendung von XML allein noch keine sinnvolle PLM-Datenübertragung möglich ist. Vielmehr bedarf es erst der Entwicklung einer geeigneten Auszeichnungssprache. Ob STEP oder PDML als Grundlage dient, spielt dabei keine besondere Rolle. Insofern ist XML auch keine Alternative zu STEP, wie teilweise zu lesen ist. Die Kombination von STEP-basierter Produktdatenmodellierung mit XML-definierten Dokumenten, wie von [KAR-99] beschrieben, kann dagegen speziell im Hinblick auf die Publizierung von Produktinformationen interessant sein.

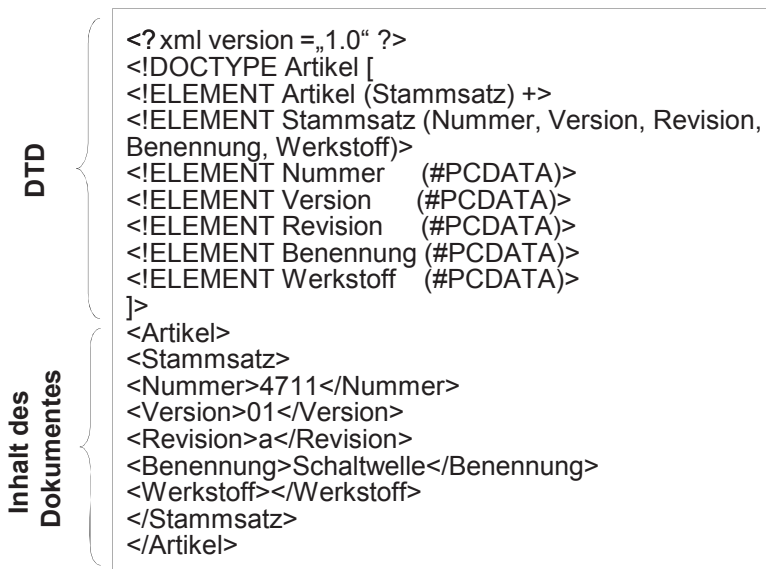


Abb. 6–68 Beispiel eines XML-Dokumentes

6.7.7 Batch-Zugriff auf PLM-Daten

In vielen Fällen ist es notwendig, auf die Daten im PLM zuzugreifen ohne einen Client verwenden zu können. Dies betrifft zunächst die Notwendigkeit, große Datenmengen ohne Dialog in das System einzubringen oder aus diesem zu extrahieren. Ein typischer Fall, bei dem teilweise riesige Datenmengen in kurzer Zeit einzutragen sind, ist das sog. *Urladen*. Unter Urladen versteht man das vor der Inbetriebnahme des PLM notwendige Übernehmen existierender Daten aus einem anderen Verwaltungssystem. Vor allem, wenn eine PLM-Lösung durch ein neueres ersetzt werden soll, müssen u. U. eine Vielzahl von

Stammdaten und Files eingelesen werden. Natürlich steht der identische Anspruch für das Ausschreiben von Daten, sei es, dass das System abgelöst werden soll oder dass ein Ausschnitt von Daten in ein anderes Anwendersystem übernommen werden muss. In all diesen Fällen benötigt man ein Werkzeug, das Daten zwischen einem extern vorgegebenen Schema und dem aktuellen PLM-Modell, so wie es im Repository festgelegt ist, austauscht. Datenbanken bieten für eine vergleichbare Aufgabe Loader-Funktionen an. Diese lesen bzw. schreiben Tabellenstrukturen aus bzw. in externe Dateien. Da PLM-Lösungen ihre logische Struktur jedoch in einem Repository verwalten, das in seiner vollen Logik nicht für das Datenbankwerkzeug auswertbar ist, sei vor der Nutzung dieser Werkzeuge gewarnt. Dies trifft ebenso auf den direkten Zugriff auf die Daten mittels der Datenbank-SQL-Schnittstelle zu. In beiden Fällen ist es nur möglich die PLM-Logik zu berücksichtigen, indem der Anwender diese bei der Nutzung der Werkzeuge selbst einbringt. Dies ist bei den meist komplexen Datenmodellen sehr fehleranfällig. Auch müssen die erzeugten Prozeduren oder Abbildungsvorschriften bei jeder Änderung des Repositories manuell angepasst werden.

Besser geeignet sind Loader-Konzepte auf der Ebene der PLM-Applikationsserver. Diese nutzen die im Repository festgelegte Logik des Systems und sind deshalb in der Lage, sicher und einfach konsistente Daten entweder in ein externes File aus der internen Struktur zu schreiben oder umgekehrt, interne Datenstrukturen aus einem externen Daten-File aufzubauen. Traditionell haben diese Loader Abbildungsvorschriften, die es erlauben, beliebig strukturierte externe Daten zu nutzen. Mittels eines Assistenten kann dabei der Nutzer genau festlegen, welche Information im externen File welche logische Bedeutung für die PLM-Lösung hat und welche evtl. Bearbeitungsfunktionen möglicherweise zwischengeschaltet werden müssen. So können bei einem Urladevorgang Kontrollen auf die Sinnhaftigkeit der Eingabedaten vorgenommen werden und z. B. Umwandlungen von Zeichenketten (Nummernschlüssel) erfolgen. Problematisch ist, dass die Struktur der externen Daten von keinem anderen Programm ohne weiteres Zutun interpretiert werden können. Es hat sich deshalb ein etwas abgewandeltes Konzept durchgesetzt. Dieses geht von der Verwendung des XML-Formates aus. Das PLM generiert entsprechend Abb. 6–69 aus seinen internen Informationen über einen XML-Post-Prozessor ein PLM-spezifisches XML-Schema. Jede andere Applikation, die ebenfalls mit XML arbeitet, wird ebenfalls ein derartiges XML-Schema lesen bzw. schreiben können. So bleibt nur die Notwendigkeit, beide XML-Schemata ineinander überführen zu können (man spricht von *mappen*). Für diese Aufgabe gibt es eine Reihe leicht zu konfigurierender Mapper.

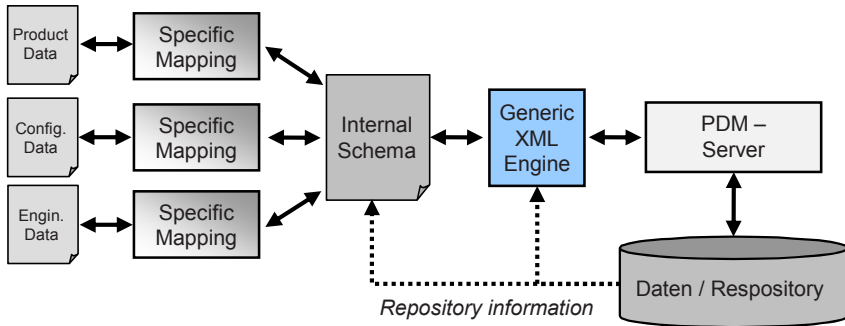


Abb. 6-69 XML-Schnittstelle zu PLM

Loader sind natürlich keine Lösung, wenn es darauf ankommt, nicht nur einfach Daten zu lesen oder zu schreiben, sondern auch bestimmte Funktionen der PLM-Lösung zu nutzen. Dies könnte soweit gehen, dass man das gesamte PLM von außen steuern möchte. Einen typischen Anwendungsfall dafür findet man z. B. bei den CAD-Integrationen. Um dies zu ermöglichen, stellt man in PLM-Lösungen meist sehr angepasste eigene Zugriffsmöglichkeiten bereit und unterstützt auch übliche Standards wie DCOM¹⁸ oder CORBA¹⁹. Diese systemabhängigen Zugriffe erfolgen über eine Menge von oft recht komplexen Zugriffsfunktionen. Sie aktivieren im PLM oft ganze Ketten von einzelnen Funktionen und Prozessen und gestatten so eine effiziente Arbeit mit größeren Datenmengen. In Kap. 8 wird die Notwendigkeit besprochen, in vielen Fällen ganze Assemblybäume bereitstellen zu müssen. Hier muss bei nur einem einfachen Aufruf

- eine Strukturauflösung über alle enthaltenen Dokumente erfolgen;
- für jedes einzelne Element eine Prüfung auf die Zugriffsrechte erfolgen;
- eine Reservierung der Daten erfolgen;
- die Position der zugeordneten Files ermittelt werden (falls diese nicht lokal vorhanden sind, müssen sie evtl. von einem entfernten Standort angefordert werden);
- die Files am Bearbeitungsort bereitgestellt werden (check-out).

Wahlweise kann bei der Bearbeitung einer solchen Funktion auch noch ein Nutzereingriff notwendig werden (Dialog-Modus). Erfolgt der Zugriff auf die PLM-Lösung im Hintergrund (batch-Modus), ist ein Dialoganteil natürlich

¹⁸ DCOM (Distributed Component Object Model) ist eine von Microsoft entwickelte objektorientierte Technik zur Realisierung von Interprozesskommunikation, das auf dem DCE-Standard basiert.

¹⁹ Der Common Object Request Broker Architecture der Object Management Group (OMG), genannt CORBA, ist eine Architektur, die die Interoperabilität zwischen verteilten Objekten ermöglicht.

nicht statthaft. In diesem Fall müssen alle erforderlichen Informationen über den Aufruf bereitgestellt werden. Als besondere Form des Zugriffs über das CORBA-Protokoll steht ein speziell für den PDM-Datenaustausch geschaffenes Konzept – die PDMEnabler – zur Verfügung. Im Gegensatz zu den STEP-basierten off-line Verfahren besteht mit der PDMEnabler Schnittstelle die Möglichkeit eines on-line Zugriffs auf die PDM-Daten. Das Konzept geht auf eine Initiative der Object Management Group (OMG) zurück, die auch für CORBA federführend ist. PDMEnabler sind spezielle CORBA Objekte, die die für den Zugriff und die Manipulation von PDM-Daten relevanten Eigenschaften und Methoden bereitstellen. Es handelt sich, wie in Abb. 6–70 dargestellt wird, um ein modular aufgebautes Konzept, das sich aus insgesamt drei Basis- und weiteren neun funktionalen Modulen aufbaut.

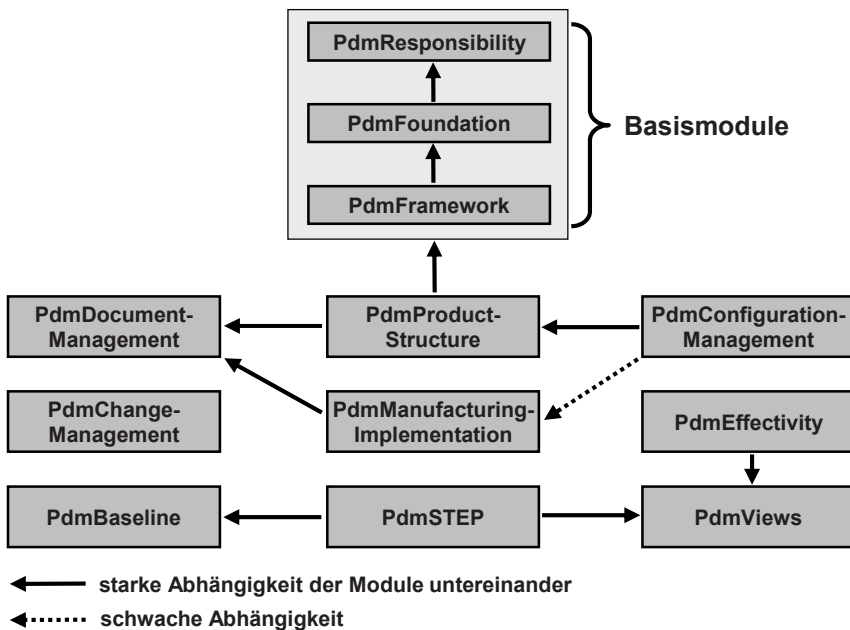


Abb. 6–70 Modulkonzept der PDMEnabler (nach [KRI-99])

Die Aufgabenbereiche für die Grundmodule lassen sich wie folgt umreißen:

- PDMResponsibility – Objekte für:
 - Personen, Organisationen, Programme (Actors);
- PDMFoundation – Interfaces für:
 - Standard-Verwaltungseigenschaften (Manageable),
 - Identifizierungsmöglichkeiten (Identifiable),
 - Sperrkonzept (Lockable): Actors können Objekte sperren,
 - Zustandsinfos (Stateable),
 - Sicherheitsklassifizierung (SecurityClassifiable);

- PDMFramework - das Haupt-Basis-Modul
 - Dynamisches Attributieren (Attributable),
 - Behandeln von Sichten (Qualifiable),
 - Baseline-fähig (Baselineable),
 - Änderungen vornehmen (Changeable).

Als funktionale Moduln stehen folgende zentrale Konzepte bereit:

- Dokumentenmanagement (Metadaten + Originale);
- Produktstruktur (Bauteile);
- Sichtenabbildung (Kontexte);
- Gültigkeiten (zeitlich, seriennummernbezogen);
- Baseline (Einfrieren eines Standes);
- Änderungswesen (Change Management);
- Produktionsplanung;
- STEP (Import/Export);
- Konfiguration (Auswahl mit zugehörigen Bedingungen).

Beim Einsatz der PDMEabler ergeben sich jedoch eine Reihe von Problemen. So sind durch die Verwendung des CORBA Relationship Service [OMG-00] vor allem bei der Arbeit mit großen Produktstrukturen Performanceprobleme zu erwarten. Dies ergibt sich aus der sehr großen Anzahl von Rollen- und Beziehungsobjekten im Verhältnis zu den referenzierten Objekten. Auch ist es schwer, eine Standardisierung beim Datenaustausch zwischen PLM-Lösungen, die jeweils an firmenspezifische Vorgehensweisen, Prozesse und Datenmodelle angepasst sind und kontinuierlich angepasst und weiterentwickelt werden, durchzusetzen.

Literatur

- AAS-06 Arbeitskreis Application Service Providing: Leitfaden zur Umsetzung von ASP Geschäftsmodellen. Herausgeber von: BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V., Berlin 2006
- ADS-97 Andersson, M. et al.: PDF Printing and Publishing. s.l. : Micro Publishing Press 1997
- AND-00 Anderl, R.; Trippner, D.: STEP, Standard for the Exchange of Product Model Data. Stuttgart/Leipzig: Teubner Verlag 2000
- AND-07 Anderl, R.; Malzacher, J.: „Collaborative Product Visualization“ vereinfacht die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit. Konstruktion 59 (2007) 11/12
- ASO-04 asOne: asOne ist ein führender Technologie-Hersteller für die digitale Archivierung. [Online] 2004. <http://www.asone.de/>;

- Zugriff: 10. Juni 2008
- BET-97 Berchtold, St.: Geometrie-basierte Suche ähnlicher Bauteile. Dissertation im Fach Informatik an der Fakultät für Mathematik, Ludwig-Maximilians-Universität München 1997
- BOE-05 Böhm, O.: Requirements Management mit Eclipse 3.x und der MKS Integrity Suite 2005. Vortrag auf Eclipse – Get Plugged in / 2nd Edition, 14.–15. Juni 2005 Print Media Academy Heidelberg
- BSI-08 BSI. 2008. M 4.170 Auswahl geeigneter Datenformate für die Archivierung von Dokumenten. [Online] 2008.
<http://www.bsi.bund.de/impress/index.htm>. Zugriff: 10.Juni 2008
- BUR-99 Burkett, W.: PDML, Product Data Markup LanguageA New Paradigm for Product Data Exchange and Integration. Whitepaper. [Online] 30. April 1999. <http://xml.coverpages.org/pdml.html>;
 Zugriff: 01.Juni 2008
- CAM-07 Campana, Ch.; Leerkamp, M.: Professionelles Projektmanagement in der Fahrzeugentwicklung. Proceedings ProSTEP iViP Symposium, Wolfsburg 2007
- COV-01 Cover, R.: Product Definition Exchange (PDX) Standards. [Online] 13. November 2001. <http://xml.coverpages.org/pdx.html>;
 Zugriff: 16.April 2008
- DÖL-04 Döller, P.: COLLABORATIVE ENGINEERING – Zusammenarbeit in Partner-Netzwerken. Proceedings ProSTEP iViP Symposium 2004, Sindelfingen 28./29.04.2004
- DOM-00 Doblies, M.; Muschiol, M.: Integration von EDM/PDM-Systemen über Organisationsgrenzen hinweg. VDI-Bericht 1569, VDI-Verlag; Düsseldorf 2000
- FIH-00 Fischer, J.; Hoos, J.: Begleitende Kalkulation bei verteilter Produktentwicklung im Internet auf Basis von XML. Industrie Management 16 (2000) 5
- FKM-96 Forschungskuratorium Maschinenbau e.V.: Entwicklung eines Systems zur automatischen Zeichnungserkennung. Forschungshefte des FKM (1996) 219
- GER-08 Gerlicher, A: Implementierung von XML Datenformaten zum Austausch und zur Migration von Bordnetzen. ProSTEP iViP Symposium 9./10.April 2008
- GLE-07 Gleich, F: ENX-Basiswissen: Die Technik hinter ENX – Von "Anschluss" bis "Zertifikat". ENX Briefing Day, Köln, 7. Februar 2007
- GRA-86 Grabowski, H.: foukan: graphisch unterstütztes Test- und Entwicklungssystem für die Erkennung und Vermessung von Konturen mit Hilfe der Fouriertransformation. Interner Bericht, FZI Karlsruhe 1986
- GRL-07 Grahl, W.; Lange, C.: Systematisches Teilemanagement in Konstruktion und Fertigung. ZWF 102 (2007) 1-2
- GRV-06 Grieves, M.: Product Lifecycle Management. New York: McGraw-Hill 2006
- GUB-89 Gubsch, M: Automatisierte Zeichnungserfassung. Forschungsbericht Druckmaschinenwerk Radebeul: PLANETA 1989

-
- HSJ-05 Höhn, B.-R.; Steingröver, K.; Jaros, M.: STEP-Datenschnittstelle für EDV-Programme der Forschungsvereinigung Antriebstechnik. Industrie Management 21 (2005) 2
- IBM-07 IBM: Rational RequisitePro. [Online] 2007. <http://www-306.ibm.com/software/awdtools/reqpro/>; Zugriff: 28. Mai 2008
- IEC 61355 Classification and designation of documents for plants, systems and equipment. International standard der INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION IEC 61355-1, 2008
- ISO 14721 ISO 14721: OAIS Open Archival Information System. s.l. : ISO Norm, 2003.
- ISO 15489 ISO 15489: Information and documentation -- Records management. s.l. : ISO, 2001.
- ISO 8879 ISO 8879: Standard Generalized Markup Language (SGML). s.l. : ISO, 1986.
- KAM-97 Kampffmeyer, U.; Rogalla, J.: Grundsätze der elektronischen Archivierung. Darmstadt : VOI Verband Organisations- und Informationssysteme e. V., VOI-Kompodium Band 3 1997
- KAR-99 Karden, H.: STEP and XML Interoperability. PDMI2-Tagung November 1999
- KLW-08 Kloss, U.; Wittkop, P.: Collaborative Engineering - Partner & Supplier Integration and Concurrent engineering at global product development environment. Proceedings ProSTEP iViP Symposium, Berlin 2008
- KRA-99 Krause, F.-L. et al.: Die Gesetzgebung zwingt die Unternehmen zu handeln. EDM-Report 5 (1999) 2
- KRG-07 Kraft, B.; Gähner, M.: Globale Netzwerklösungen - ENX Angebot und seine Besonderheiten. ENX Briefing Day 7. Februar 2007 Köln. 2007
- KRI-99 Krisch, Ehrler, Mühl, Ertel: PDMEabler-Workshop innerhalb des iViP-Projekts. Vortragsmanuskript, SAP AG 1999
- KUB-06 Kubitzka, K.; Plischke, D.: Collaborative Project Management. ProduktdatenJournal. ProSTEP iViP e.V., (2006) 1
- LGM-00 Lang, U.; Muschiol, M.: Think global - act local; Online-Bereitstellung von Konstruktionsunterlagen im Transformatorenbau. Industrielle Informationstechnik, Bd. 37 2000
- LIN-99 Lindig, Chr.: Algorithmen zur Begriffsanalyse und ihre Anwendung bei Softwarebibliotheken. Dissertationsschrift, TU Braunschweig 1999
- LOB-01 Lobin, H: Informationsmodellierung in XML und SGML. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2001
- LOE-08 Löser, A.: Zeichnungsfreie Produktdokumentation. Diplomarbeit TU Dresden, Lehrstuhl Konstruktionstechnik/CAD 2008
- LUE-99 Luzak, H.; Eversheim, W.: Telekooperation. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 1999
- MAL-00 Malmquist, J.: Implementing Requirements Management: A task for specialized tools or PDM systems? Chalmers University of Technology, Göteborg 2000

- MUS-97 Muschiol, M. et al.: Auf dem Weg zum totalen Dokumentenmanagement. Technische Rundschau 89 (1997) 20
- OMG-00 Object Management Group: Relationship Service Specification - Version 1.0. April 2000, Object Management Group, Inc. (<http://www.omg.org/docs/formal/00-06-24.pdf>)
- OPZ-71 Opitz, H.: Werkstückbeschreibendes Klassifizierungssystem. Essen: W. Girardet 1971
- PFA-07 Pfaffenholz, A.; Vilsmeier, J.: Von CAD zu PDF: Übernahme und Weiterverwendung von 3D-CAD-Daten mit zugehörigen Fertigungsinformationen. Proceedings zum ProSTEP iViP Symposium 25./26.April 2007
- PHK-08 Philipp, S.; Klumbies, H.: Application Service Providing - Gemietete Standards geben Mittel frei. Mittelstandswiki, http://www.mittelstandswiki.de/Application_Service_Providing; Zugriff: 11. April 2008
- PRO-07 ProSTEP: Parametrical 3D Data Exchange via STEP. Darmstadt: ProSTEP iViP Verein, 2007
- RWA-07 Reichweger, J.; Wachtel, K.: CAD/PLM Integration, Datenaustausch und Collaborative Engineering in verteilten Arbeitsgruppen. Proceedings ProSTEP iViP Symposium 2007, Wolfsburg 2007
- SAA-05 Saaksvuori, A.; Immonen, A.: Product Lifecycle Management. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2005
- SCB-07 Schabacker, M.: Wirtschaftlichkeitsnachweis von PLM-Investitionen. IT production (2007) 9
- SCF-07 Scharpf, J.: Globale ECM Zusammenarbeit in der Automobilindustrie auf Basis von Standards: Von der Vision zur Wirklichkeit. ProSTEP iViP Symposium Wolfsburg 25./26.April 2007
- SCH-01 Schäfer, D.; Roller, D.: XML: Grundlagen und Anwendungen des neuen Internet-Standards. CAD-CAM-Report 20 (2001) 2
- SHD-07 Schneider, Ch.: Wunsch oder Wirklichkeit? Integriertes Projekt- und Product Lifecycle Management. ProduktDatenJournal 14 (2007) 2
- SIE-08a Siemens PLM: Teamcenter Reporting and Analytics. [Online] Siemens PLM Software, 2008. www.siemens.com/plm; Zugriff: 18.Mai 2008
- SIE-08b SIEMENS PLM: Business Requirements. [Online] SIEMENS PLM Solutions, 2008. http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/industries/consumer_products/business_requirements; Zugriff: 28.April 2008
- SKS-89 Schneider R.; Kriegel H.-P.; Seeger B.; Heep S.: Geometry-based Similarity Retrieval of Rotational Parts. Proc. Int. Conf. on Data and Knowledge Systems for Manufacturing and Engineering, Gaithersburg, ML 1989
- SMB-07 Schlembach, I.: Eurofighter: Länderübergreifendes Product Lifecycle Management. ProduktDatenJournal 14 (2007) 1
- STA-05 Stark, J.: Product Lifecycle Management – 21st Century Paradigm for Product Realization. London: Springer 2005

- STE-08 Stelzer, R.: Collaborative Engineering of complex products based on a process integrated virtual reality workstation. Proceedings 13.Seminario Internacional de Alta Tecnologia, Universidade Metodista de Piracicaba 2008
- STG-02 Stelzer, R.; Gubsch, M.: Homogeneous and heterogeneous collaboration concepts in an engineering environment. Proceedings zu CAD2002, Dresden 2002
- STR-08 Straßmann, Th.; Lobeck, F.: Technische Dokumentation: PDM-Integration. CAD/CAM-Report 27 (2008) 2
- TEL-08 Telelogic: Requirements Management for Advanced Systems and Software Development. [Online] 2008.
<http://www.telelogic.com/products/doors/doors;>
Zugriff: 05.Juni 2008
- VAJ-92 Vajna, S.: Gruppentechnologie und CIM. CIM-Management 1992, Bd. 6.
- VIL-08 Vilsmeier, J.; Paffenholz, A.: Automatisierte Datenaufbereitung für den DMU in Produktion, Betrieb und Wartung. Proceedings zu ProSTEP iViP Symposium 2008 „Vitality of Standards - Service Orientation for Dynamic Enterprises“, Berlin 09. und 10. April 2008
- VOG-07 Vogelmann, M.: Collaboration Engineering in der Aerospace Industrie. ProduktDatenJournal 14 (2007) 1
- WER-98 Werthenbach, M.: Prozessorientierte interaktive Erstellung von Kundendokumentationen. ZWF 92 (1998) 3

7 Input / Output – Management

Die effiziente Einbindung von PLM-Lösungen in den Produktentstehungsprozess ist mit den Forderungen verbunden, produktrelevante Daten sowohl auf schnelle und sichere Weise erfassen zu können als auch eine einfache und zuverlässige Auswertung zu unterstützen. Dies betrifft sowohl die in einem PDM-System abgelegten Metadaten, die in Form von Ausdrucken, Reports oder Protokollen ausgegeben werden können, als auch Dokumente (z. B. Zeichnungen) und virtuelle Modelle. In diesem Kapitel sollen einige besonders wichtige Verfahren vorgestellt und deren Einbindung in PLM beschrieben werden. Zunächst wird die Übernahme externer Informationen sowohl aus vorhandenen Dokumentenbeständen (Data Capturing) als auch direkt vom physischen Produkt (Reverse Engineering) behandelt. Anschließend werden typische Möglichkeiten der temporären Darstellung und Auswertung der in der PLM-Umgebung gespeicherten Daten durch das sog. Digital Engineering Visualization besprochen. Schließlich stehen mit Drucken, Plotten und Rapid Prototyping drei Funktionen zur dauerhaften Ausgabe von Metadaten bzw. gespeicherten Modellen im Mittelpunkt.

7.1 Erfassung externer Daten

7.1.1 Data Capturing

Eine häufig gestellte *Forderung* an PLM-Lösungen besteht darin, auch konventionelle Dokumente in möglichst einfacher Form speichern zu können. Bei Lösungen oder Anwendungen, die der Erfassung großer Mengen an externen Dokumenten dienen, spricht man vom *Data Capturing* [PUM-07]. Diese enthalten neben der reinen Abtastung der Unterlagen durch den Scanner auch Funktionen zur Nachbereitung. Abbildung 7–1 zeigt den typischen Ablauf einer Dokumentenerfassung beim Data Capturing. Dabei wandelt ein Scanner im ersten Schritt die Dokumente durch Abtasten in ein digitales Format um. Je nach dem Umfang der zu erwartenden Dokumente, stehen hier sehr verschiedene Techniken zur Verfügung. Vom einfachen Flachbettscanner, dem die Dokumente einzeln manuell zuzuführen sind, bis zu hocheffizienten Erfassungsautomaten reicht die Palette. Hier muss man sich in Abhängigkeit des zu erwartenden Aufkommens sowie des verfügbaren Budgets entscheiden.

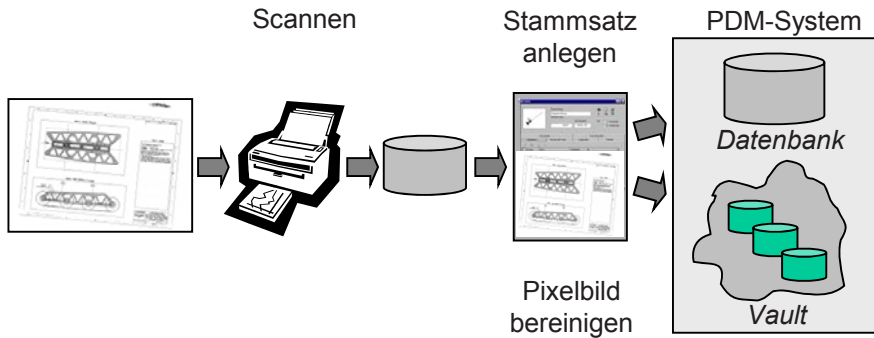


Abb. 7–1 Ablauf eines Data Capturing

Die Dokumente können als Transparent- oder Papierzeichnungen sowie als Mikrofilme vorliegen. Mikrofilme eignen sich für die Erfassung besonders gut, da

- das Einlesen von größeren Stückzahlen durch Stapelverarbeitung sehr einfach ist;
- der Lesevorgang besonders schnell erfolgt (teilweise im Sekundenbereich);
- auf den Trägern der Mikrofilme zumeist auch wichtige Metadaten, wie Zeichnungsnummer oder Benennung, codiert sind (Abb. 7–2).

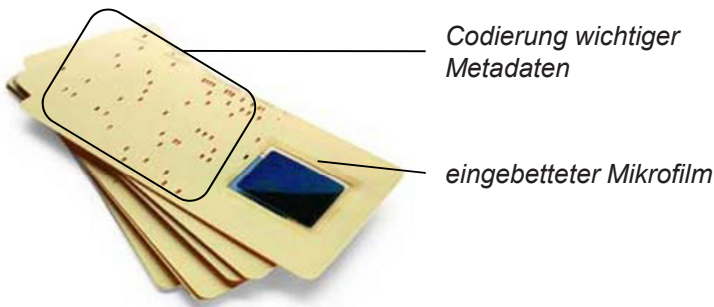


Abb. 7–2 Mikrofilm auf Lochkartenträger

Bei nur sporadisch anfallenden Aufträgen oder einmalig besonders großer Dokumentenzahl besteht durchaus auch die Möglichkeit, auf externe Dienstleister zuzugreifen. Dadurch können nicht zur Kernkompetenz gehörende und zeitintensive Tätigkeiten ausgelagert werden. Weiterhin hat dies neben der gesparten Investition den Vorteil, dass der Dienstleister meist besonders hochwertige Hardware zur Verfügung hat und auf Grund seiner Erfahrung mit guten Ergebnissen zu rechnen ist.

Nach dem Scannen wird das entstandene File zwischengespeichert und im PDM-System ein Dokumentenstammsatz für das neue Dokument angelegt. Die Nummer des Dokumentes wird im PDM-System entweder manuell vergeben oder mittels eines Nummerngenerators erzeugt. Im nachfolgenden Dialogschritt werden dem Anwender sowohl der (noch unvollständige) Stammsatz als auch das gescannte Dokument angeboten. Jetzt muss der Anwender den Stammsatz ergänzen. Oft werden wichtige Informationen des Dokumentes, wie dessen Name und/oder dessen Dokumentennummer, direkt aus der Pixel-darstellung übernommen. Dies kann manuell durch den Vergleich mit dem Pixelbild erfolgen. Möglich ist auch der Einsatz von Texterkennungssoftware (OCR¹). Allerdings wird dies durch die Vielfalt der Dokumentenformate und die damit erschwerte Erkennung einzelner Informationseinheiten („Wo steht die Benennung?“) sehr erschwert.

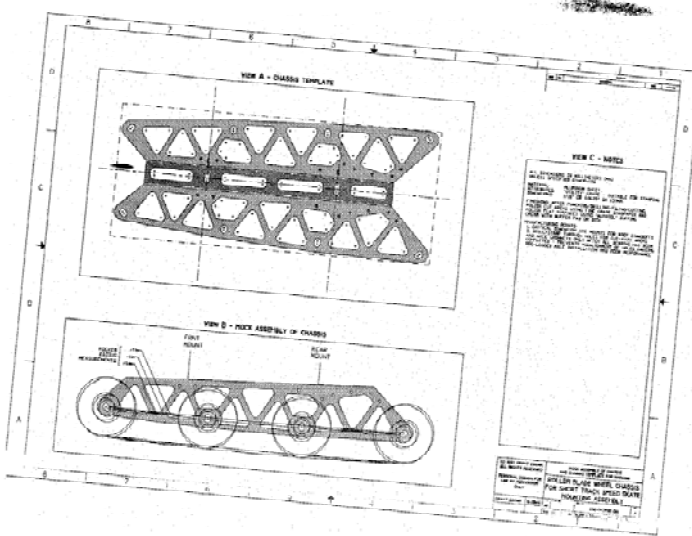


Abb. 7-3 Gescanntes Dokument mit typischen Fehlern (Quelle: Spicer Imagination[®])

Teilweise stehen Barcodes auf den Dokumenten zur Verfügung, die eine sehr schnelle und sichere Übernahme von Textinformationen ermöglichen. Hat ein Dienstleister die Erfassung übernommen, so erhält man zumeist einen Datenträger (z. B. CD) mit einer größeren Zahl gescannter Dokumente sowie einem File in vereinbartem Format mit der Zuordnung von bereits aufbereiteten Metadaten (z. B. von den Lochkartenträgern) zu den Scan-Files. Man muss bei diesem Prozess beachten, dass Zeichnungstexte wie Nummern oder Benennungen früher häufig etwas nachlässig erfasst wurden. So war es bei der

¹ Optical Character Recognition

konventionellen Zeichnungserstellung nicht unüblich, führende Nullen wegzulassen oder Gruppen von Nullen oder Leerzeichen im Text durch einzelne Zeichen zu ersetzen. Dies führt bei einer automatisierten Speicherung im PDM-System zu Fehlern. Möglichkeiten zur Verhinderung von darauf beruhenden Folgefehlern sind neben einer gründlichen manuellen Kontrolle auch die Anwendung von Testroutinen oder der Vergleich mit anderen, bereits vorhandenen Datenbeständen. Dafür eignet sich z. B. ein schon im Unternehmen existierendes ERP-System, gegen das man die Dokumentennummern prüfen kann.

Anschließend muss der Anwender das erfasste Pixelbild des Dokumentes bearbeiten. Auf Funktionen für diese Nachbearbeitung ist großer Wert zu legen. Denn als Ergebnis des Scannens erhält man meist eine Darstellung, die in der Qualität nicht den Ansprüchen genügt. Abbildung 7–3 zeigt ein derartiges Scan-Ergebnis, das als ungenügend einzustufen ist. Aus diesem Grunde wird ein derartiges Dokument üblicherweise sofort nach dem Erfassen noch überarbeitet. Abbildung 7–4 zeigt Funktionen für das Bearbeiten von gescannten Dokumenten.

Typische Mängel und adäquate Korrekturfunktionen gescannter Dokumente sind:

- *verdrehte Darstellung (rotate);*
Wurde das Dokument mit falscher Ausrichtung im Scanner eingelegt (90 oder 180 Grad verdreht), so kann es im Eingabeprogramm wieder korrekt positioniert werden.
- *schiefe Dokumentdarstellung (descrow);*
Hat man das Dokument nicht exakt im Scanner ausgerichtet, so wird auch der erhaltene File eine schiefe Darstellung enthalten. Das Erfassungsprogramm stellt dazu eine Funktion bereit, die eine nachträgliche Ausrichtung des Bildes ermöglicht.
- *verschmutzte Darstellung (despeckle);*
Scanner müssen so eingestellt werden, dass sie Fehler der Papiervorlage möglichst nicht erfassen, trotzdem aber keine wichtigen Details des Dokumentinhaltes weglassen. Trotz dieser Einstellung wird jeder Scan eine Vielzahl von kleineren Fehlern enthalten, die sich durch graue Hintergründe oder viele kleinere Fehlstellen (schwarze Punkte oder kurze Linien) zeigen. Das Erfassungsprogramm stellt deshalb Funktionen zur Säuberung des Bildes bereit, die derartige Fehler beseitigen.
- *falsche Größe (resize);*
Oft wird ein zu großer Dokumentausschnitt gescannt. Dies liegt entweder daran, dass das Papierendokument einen größeren, nicht genutzten Anteil hat oder dass die Scanfläche größer als das Dokument war. Es wird deshalb eine Anpassung der Größe des Dokumentes ermöglicht.

- *unübliches Format (crop);*

Nach der Bearbeitung eines Rasterdokumentes tritt oft der Fall ein, dass das Bearbeitungsergebnis kein übliches Format mehr besitzt (z. B. A4). Es stehen deshalb Funktionen zur Verfügung, die die Größe des Dokumentes wieder an ein Standardformat anpassen.

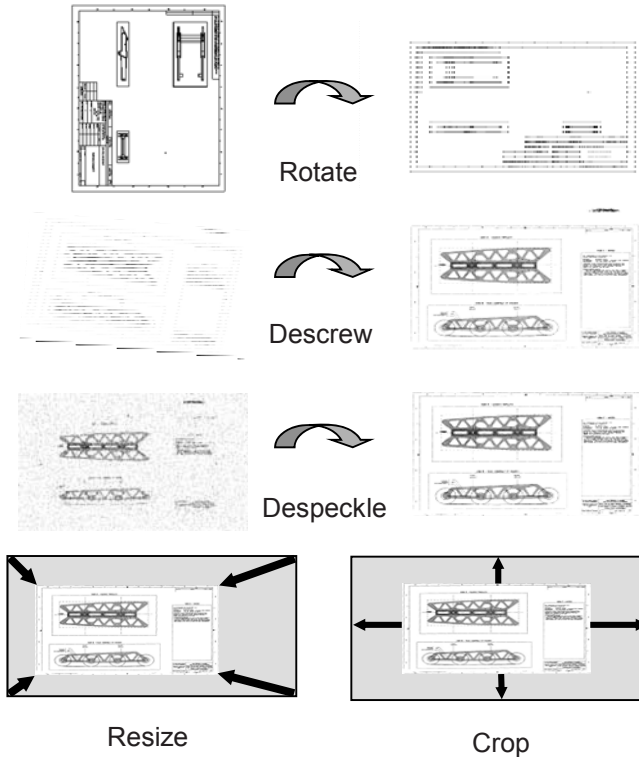


Abb. 7–4 Funktionen zum Bearbeiten von Scangut

Der Leser soll durch die Aufzählung dieser Bearbeitungsmöglichkeiten nicht den Eindruck erhalten, dass die Bearbeitung von gescannten Dokumenten so kompliziert ist, dass es besser sei, auf die Erfassung ganz zu verzichten. So hängt der Umfang der notwendigen Bearbeitungsschritte stark von der Qualität des Scangutes sowie des verwendeten Eingabegerätes ab. Viele der heute zu erwartenden Dokumente besitzen eine recht gute Qualität. Es handelt sich um selbst über Rechner erzeugte Dokumente oder über Druckvorlagen oder Formulare. In diesen Fällen ist mit einer geringen Anforderung an die Nachbearbeitung auszugehen. Außerdem stehen die meisten der zuvor genannten Funktionen auch in einem automatischen Modus zur Verfügung und bringen auch dann noch gute Ergebnisse. Nach Stammsatzanlage und Fertig-

stellung des Scanbildes wird das Dokument inklusive File im PDM-System abgelegt.

7.1.2 Reverse Engineering

Während sich das Input-Management früher vollständig auf das Erfassen von konventionellen Papierdokumenten mittels des Data Capturing konzentrierte, werden heute auch zunehmend 3D-Geometrien von Teilen oder Produkten mit unterschiedlichsten Zielstellungen erfasst. Vergleichbar mit der Erfassung der konventionellen Dokumente werden dabei Verfahren genutzt, welche von körperlichen Objekten Rechnermodelle erstellen. Vor allem Forderungen der Automobilindustrie zur effektiven Datenakquisition für Freiformflächen im Designprozess revolutionierte seit Beginn der 90er Jahre die 3D-Digitalisierungstechnik [SCN-08].

*Reverse Engineering*² bezeichnet den Vorgang, aus einem bestehenden, fertigen System oder einem meistens industriell gefertigten Produkt durch Untersuchung der Strukturen, Zustände und Verhaltensweisen, die Konstruktionselemente zu extrahieren. Die folgenden Betrachtungen schränken diesen allgemeinen Anspruch allerdings zum besseren Verständnis der Zusammenhänge auf die Erfassung geometrischer Strukturen ein.

Aus der Sicht des PLM ist der Prozess des Reverse Engineering in mehrerlei Hinsicht interessant:

- Existieren zu bereits vorhandenen und in Nutzung befindlichen Produkten keine technischen Unterlagen, so ist es mittels Reverse Engineering möglich, diese wieder in den Produktentwicklungs- und/oder in den Änderungsprozess zurückzuführen.
- In manchen Fällen ist es angebracht, während früher Phasen des Entwicklungsprozesses nicht auf der Basis von 2D-Skizzen, sondern mit manuell erstellten 3D-Modellen zu arbeiten (u. a. im Designprozess). Reverse Engineering bildet hier die Brücke zur anschließenden CAD-gestützten Produktentwicklung.
- Trotz der Verfügbarkeit virtueller Prototypen ist die Anfertigung physischer Mock-Ups häufig unverzichtbar. Wird dabei die Möglichkeit der direkten Änderung von Geometrien am physischen Prototypen gefordert (z. B. Gestaltung am Clay-Modell bei der Karosserieentwicklung), sichert Reverse Engineering einen geschlossenen Änderungskreislauf.

² engl.; bedeutet: umgekehrt entwickeln, rekonstruieren

Abbildung 7–5 stellt die sich ergebenden Möglichkeiten des Datenflusses dar.

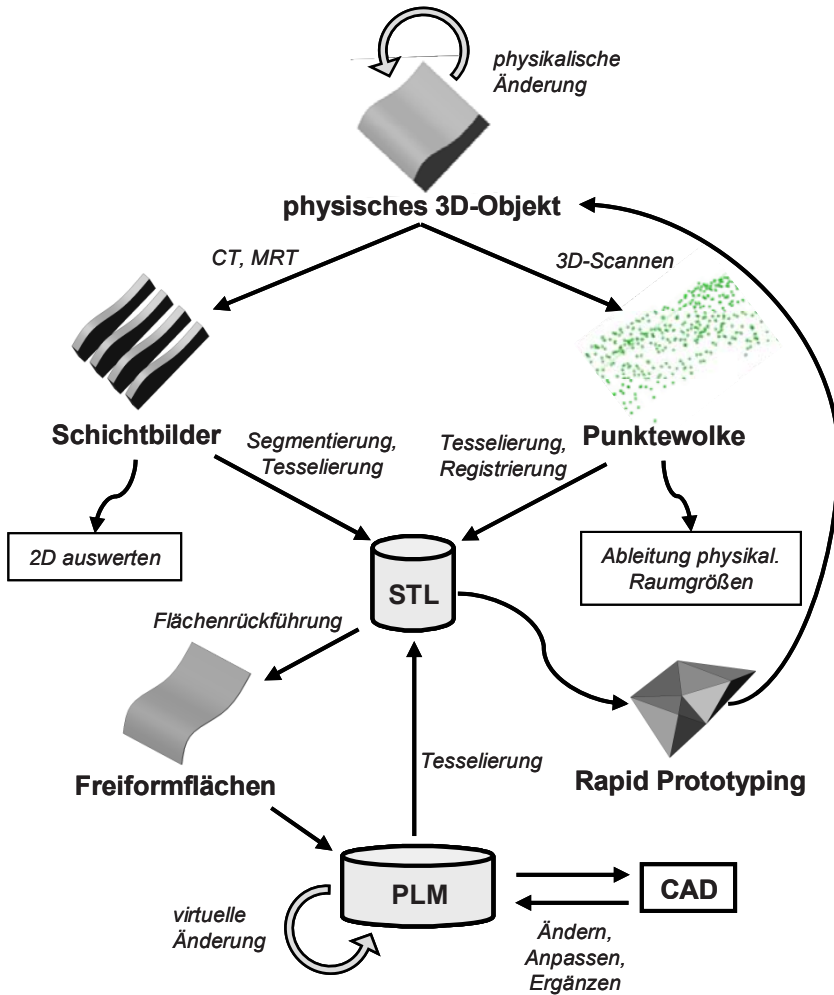


Abb. 7–5 Prozess des Reverse Engineering

Ausgangspunkt ist in jedem Fall das Scannen eines physischen Objektes, sei es das Mock-Up oder auch ein existierendes Einzelteil. Dabei muss man zwei unterschiedliche Zielstellungen unterscheiden. Am häufigsten werden in der industriellen Praxis relativ preiswerte Oberflächenscanner genutzt. Je nach Zielstellung und zu erfassendem Objekt kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz, wie Laserscanner oder die Fotogrammetrie. Zu Einzelheiten und weitere Verfahren sei auf die einschlägige Literatur verwiesen [GCA-05, FSS-05].

Im Ergebnis entsteht eine Wolke von Punkten, die die erfasste Oberfläche des Scanobjektes beschreiben. Ist das Objekt größer, als der Scanbereich des verwendeten Scanners, so ist es möglich, mehrere Einzelaufnahmen anzufertigen, die anschließend mittels aufgebrachter Passmarken zusammengesetzt werden können (Abb. 7–6). Die so erhaltene Punktwolke (Abb. 7–7a) ist für nachfolgende Prozesse kaum sinnvoll einsetzbar und muss deshalb nachfolgend je nach der technischen Zielstellung weiterbearbeitet werden. Aus diesem Grund werden die zugrunde liegenden Dateien (sog. RAW-Dateien), falls der Scanner diese überhaupt zur Verfügung stellt, auch nicht dauerhaft im PLM gespeichert.

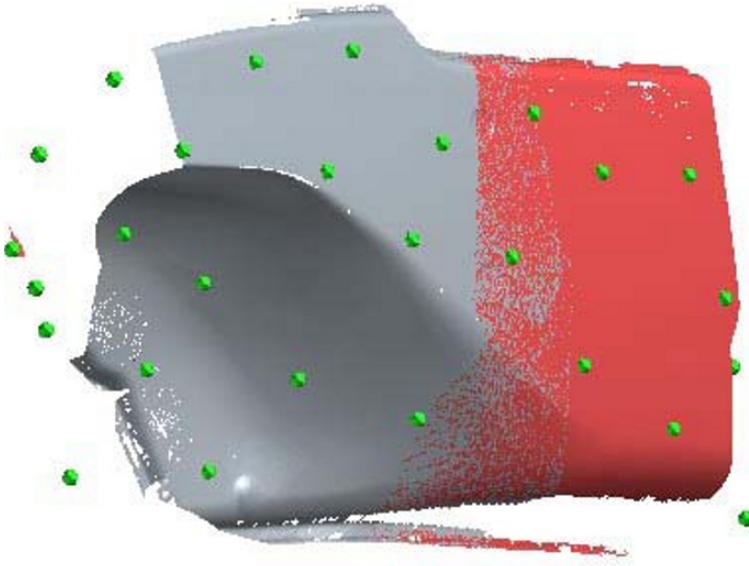


Abb. 7–6 Zusammensetzen von Einzelscans zu einem Gesamtmodell

Vielmehr erfolgt in einem nachfolgenden Schritt die Modellierung der Objektoberfläche mittels geometrischer Primitive (Abb. 7–7b). Dieser Vorgang wird Tesselierung³ genannt. Im Ergebnis entsteht ein vereinfachtes Oberflächenmodell, welches häufig durch eine Menge von Dreiecken beschrieben wird. Jedes dieser Dreiecke ist dabei durch seine drei Eckpunkte sowie den Oberflächennormalenvektor festgelegt. Diese Geometrie wird meist in einem speziellen, ursprünglich für die Stereolithografie⁴ entwickelten File-Format .STL⁵ abgelegt. Ist die Weiterbearbeitung in einem CAD-System erforderlich oder werden besondere Anforderungen an die Oberflächengüte gestellt, so

³ engl. tessellation = „Plättelung“

⁴ Rapid-Prototyping-Verfahren mittels Verfestigung flüssiger Polymere durch Polymerisation

⁵ STL = SurfaceTessellationLanguage

kann man aus diesen Modellen schließlich auch wieder eine analytisch definierte Oberfläche erzeugen (sog. Flächenrückführung; Abb. 7–7c).

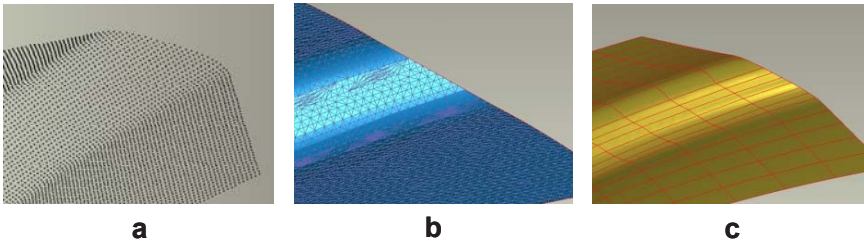


Abb. 7–7 Geometriemodelle beim Reverse Engineering

Ist nicht nur die sichtbare Oberfläche des Untersuchungsobjektes von Interesse, sondern muss das Modell auch ggf. vorhandene Innengeometrien repräsentieren, so müssen diese Objekte mittels anderer Verfahren, wie Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT) erfasst werden.

Hier sind das Ergebnis des Scanvorganges eine Menge von einzelnen Schichtaufnahmen, die jeweils als separates File meist im sog. DICOM⁶-Format abgelegt werden. DICOM ist ein weltweit offener Standard zum Austausch von digitalen Bildern und wurde ursprünglich für die Anwendung in der Medizin entwickelt. DICOM standardisiert dabei sowohl das Format zur Speicherung von Bilddaten, als auch das Kommunikationsprotokoll zum Austausch der Bilder [W01-07]. Anders als bei medizinischen Anwendungen, werden die Schichtaufnahmen für technische Anwendungen meist nicht direkt genutzt. Vielmehr werden in den einzelnen Schichten Übergänge zwischen Materialien unterschiedlicher Dichte markiert und durch Kombination der einzelnen Schichten dann wiederum ein Oberflächenmodell erzeugt, diesmal allerdings im Unterschied zum zuvor besprochenen 3D-Scannen einschließlich aller innenliegenden Flächen. Auch hier greift man beim Abspeichern häufig auf STL als Datenformat zurück. Zu Einzelheiten der Verfahren vergleiche z. B. [KAL-06].

Ähnlich der beim Data Capturing erforderlichen Bereinigungsfunktionen, ist auch beim Reverse Engineering eine Nachbehandlung des 3D-Modells erforderlich. Häufige Fehler sind z. B. das Auftreten von Löchern, das Entstehen kleiner separater Objekte oder auch fehlerhafte Übergänge zwischen Einzelobjekten für den Fall, dass das Gesamtmodell aus einzelnen Teilmodellen zusammengefügt wurde (Abb. 7–8).

⁶ Digital Imaging and Communications in Medicine

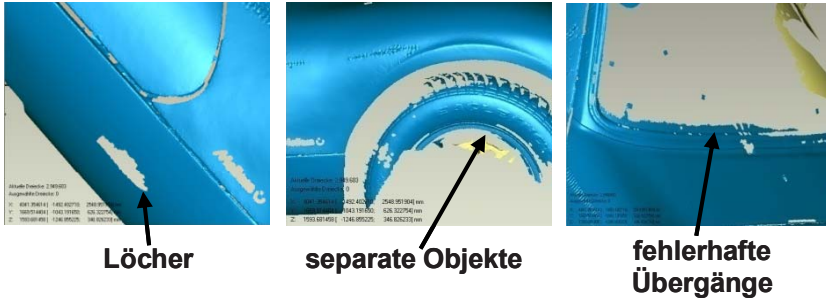


Abb. 7–8 Häufig auftretende Fehler beim 3D-Scannen

Kritisch ist bei der Verarbeitung von DICOM-Daten auch die korrekte Festlegung der Dichtewerte für die Materialgrenzen. Hier kommt es häufig zu nur schwer erkennbaren Fehlern. Allerdings ist dieser Fehler vor allem nur dann kritisch, wenn Materialstrukturen mit nur geringen Dichteunterschieden zwischen den einzelnen Regionen untersucht werden sollen - ein im technischen Bereich eher seltener Fall. Da für viele Anwendungen, wie dem neuerlichen Erzeugen eines physischen Mock-Ups mittels Rapid Prototyping oder der Erstellung von Präsentationen, das STL-Format bereits gute Voraussetzungen bietet, wird es auch meist im Verwaltungssystem abgelegt.

Allerdings kann es nur mit großen Einschränkungen für eine Weiterentwicklung der Modelle oder für Präsentationen hoher Güte (☞ Designbereich) verwendet werden. Für diese Anwendungen ist die Approximation der Oberfläche durch eine große Zahl von Dreiecksflächen unzureichend. In einem folgenden Schritt wird deshalb aus der tesselierten Oberfläche durch sog. Flächenrückführung wieder eine exakte Flächendefinition (zumeist Freiformflächen) erzeugt (Abb. 7–7c). Es ist auch möglich die Flächenrückführung direkt auf den Punktwolken des 3D-Scanners aufzusetzen. Freiformflächen können nun wieder in einem CAD-System zum Zwecke der Weiterarbeit bzw. Änderung benutzt werden. Damit sind die Daten des Reverse Engineering Bestandteil des normalen Änderungsvorganges geworden. Natürlich ist es zu einem späteren Zeitpunkt jederzeit möglich, aus dem CAD-Modell wieder einen physischen Prototypen zu erzeugen. Vor allem im Designbereich ist es dann durchaus üblich, dass dieser Prototyp (dann meist mit einer weichen, leicht zu bearbeitenden Oberfläche, z. B. Clay⁷) manuell bearbeitet und später erneut einem Reverse Engineering-Prozess zugeführt wird. Zur Beschreibung der Clay-Modellierung siehe auch [HOU-07].

⁷ Modelliermasse auf Wachsbasis

7.2 Digital Engineering Visualization

7.2.1 Überblick

In allen Phasen des Produktlebenszyklus kommt es darauf an, auf die verschiedensten Repräsentationen der Produkte zuzugreifen, um diese zu untersuchen, zu validieren und aus ihnen Informationen zu entnehmen. Dies betrifft sowohl klassische Dokumente (wie z. B. technische Zeichnungen) als auch komplette 3D-Modelle einschließlich deren Funktionalität. Derartig komplexe Informationen lassen sich nicht mehr ausschließlich auf der Grundlage der im PLM gespeicherten Metadaten beschreiben. Vielmehr ist es notwendig, auch die grafischen und geometrischen Präsentationen direkt zugänglich zu machen. Der Leistungsumfang reicht damit vom Darstellen von 2D-Zeichnungen, der Zusammenbauuntersuchung von 3D-Modellen bis zur realitätsnahen funktionellen Untersuchung im Raum. Man spricht von Viewen, Digital Mock-Up (DMU) bzw. Virtual Reality (VR) und fasst diese Technologien unter dem Begriff des *Digital Engineering Visualization* zusammen (Abb. 7–9) [PUE-07].

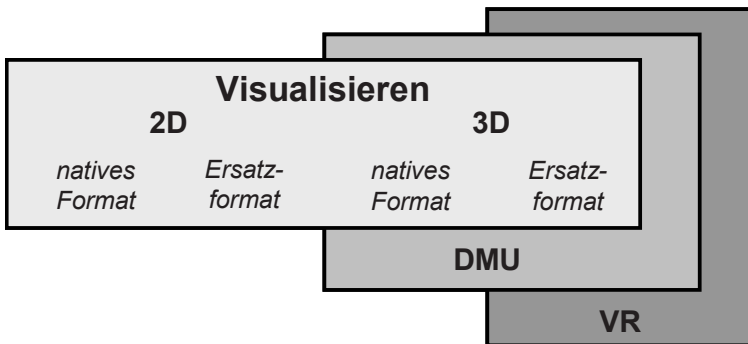


Abb. 7–9 Komponenten des Digital Engineering Visualization

Es geht also immer primär darum, das virtuelle Modell des künftigen Produktes mehr oder weniger leistungsfähig zum Zwecke der Visualisierung, Informationsgewinnung bzw. Validierung zur Verfügung zu stellen. Dabei sind die Grenzen zwischen den einzelnen Verfahren durchaus nicht immer klar zu ziehen und viele technische Voraussetzungen sind identisch. Dabei nehmen die Anforderungen an Soft- und Hardware von Stufe zu Stufe weiter zu. Während die reine Visualisierung sowohl im Bereich der 2D-Zeichnungen als auch von 3D-Modellen üblich ist, kann sowohl DMU als auch VR ausschließlich auf der Grundlage von 3D-Modellen erfolgen. Basis ist dabei bis auf wenige Ausnahmen ein vereinfachtes geometrisches Ersatzformat. Wie dieses sinnvoll erzeugt werden kann, wird im Abschn. 7.2.2 beschrieben. Für DMU

bzw. VR erforderliche, weitere Informationen werden in den Kapiteln 7.2.3 und 7.2.4 erläutert.

7.2.2 Viewen und Redlining

Eine große Hürde beim Einsatz des PLM im Unternehmen sind die vielfältigen Formate der abgespeicherten Modelle und Dokumente. Davon weniger betroffen sind die Mitarbeiter und Abteilungen, die für die Änderung des jeweiligen Dokumentes zuständig sind – denn die haben ja in aller Regel auch die zugehörige Autorensoftware verfügbar. Aber alle anderen Bereiche, die auf die Auswertung der gespeicherten Dokumente angewiesen sind (Prüfungsstellen, Fertigung, Marketing, Vertrieb, Vervielfältigungsstelle, ...), stehen vor dem Problem, dass es unmöglich ist, alle in Frage kommenden Autorensysteme zum Zwecke der Einsicht vorrätig zu halten. Unabhängig von diesen technischen (Vielzahl lokaler Installationen) und ökonomischen (Lizenzkosten) Problemen wäre es für den Nutzer auch sehr hinderlich, in derart vielen unterschiedlichen Systemumgebungen arbeiten zu müssen. Die übliche technische Lösung besteht im Einsatz von Viewern. Viewer sind solche Rechnerprogramme, die für die reine Darstellung einer mehr oder weniger großen Anzahl verschiedener Dateiformate geeignet sind. Die Einbindung in eine PLM-Strategie ist gemäß Abb. 7–10 in zwei unterschiedlichen Arten möglich.

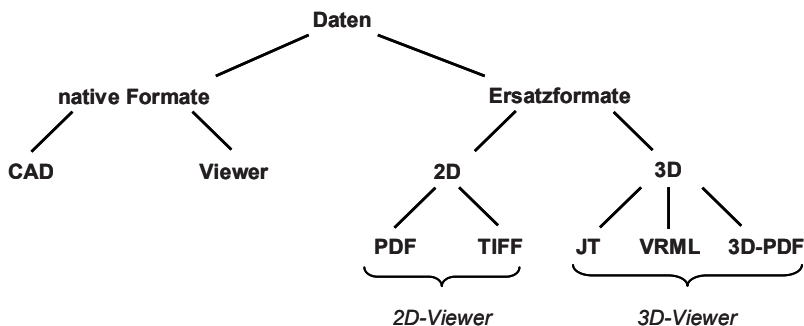


Abb. 7–10 Einsatzmöglichkeiten von Viewern

Dabei unterscheidet man die ausschließliche Speicherung der Dokumente im nativen Format des Autorensystems und die (zusätzliche) Speicherung in einem neutralen Viewer-Format. Verzichtet man auf die zusätzliche Speicherung eines neutralen Formates, dann kann es nur darum gehen, ein Darstellungsprogramm einzusetzen, das alle im Unternehmen relevanten File-Formate unterstützt. Das Angebot dafür geeignete Viewer ist reichlich, stellvertretend seien hier der ProjectReviewer von TTF [TTF-07] oder AutoVue von Cimmetry [CIM-07] genannt. Diese Viewer sind in der Lage, fast alle gebräuchlichen native Formate der verschiedenen CAD-Systeme direkt darzu-

stellen. So einfach und faszinierend der direkte Zugriff auf die nativen CAD-Files jedoch auch ist, so problematisch ist die praktische Umsetzung in vielen Fällen. Gravierende Probleme können vor allem auftreten, da

- die Darstellung nativer Formate an die korrekte Interpretation einer Vielzahl von Systemparametern gebunden ist. Kommt es im Laufe der Zeit zur Änderung von einzelnen Parametern, kann die Darstellung fehlerhaft werden.
- der Viewer immer alle Versionen aller eingesetzten Autorensysteme wiedergeben muss. Bereits das Upgrade eines einzigen eingesetzten CAD-Systems kann dazu führen, dass der genutzte Viewer ebenfalls nachgerüstet werden muss.
- alle Anwender, die ein Dokument visualisieren wollen, auf das Original Zugriff haben müssen. Das kann zu unerwünschten Risiken führen, vor allem, wenn auch externe Bearbeiter auf die Dokumente Zugriff erhalten müssen.
- es vor allem im Bereich der 3D-Modelle erforderlich sein kann, sehr große Datenmengen laden zu müssen, um eine Darstellung zu ermöglichen. Dies überlastet einfachere Rechentechnik (die ansonsten für das einfache „Betrachten“ durchaus ausreichend wäre) sowie die Rechnernetze.

Aus den genannten Gründen wird in den meisten Fällen zusätzlich zum nativen Format auch ein geeignetes neutrales Format im PLM gespeichert. Dabei muss zwischen 2D-Dokumenten und 3D-Modellen unterschieden werden, für die jeweils eine große Anzahl prinzipiell geeigneter Datenformate zur Verfügung stehen. Trotz der Vielfalt der Formate haben sich einige wenige davon weitgehend durchgesetzt. Kriterien für die Auswahl sind

- Verfügbarkeit von geeigneten Konvertern für das jeweilige Autorensystem;
- gute Prognose für die Verfügbarkeit des Formates über einen längeren Zeitraum.

Im Bereich der 2D-Dokumente wird für technische Zeichnungen (hoher grafischer Anteil) zumeist auf das Format TIFF⁸ zurückgegriffen, während für Dokumente mit hohem Anteil an Textinformationen zumeist PDF⁹ eingesetzt wird [MMW-06]. Im Bereich der 3D-Modelle wird noch häufig mit dem ursprünglich als 3D-Standard für das Internet entwickelte Format VRML¹⁰ gearbeitet [ISO-96]. VRML beschreibt Geometriemodelle ähnlich wie das bereits besprochene STL durch die Approximation durch Dreiecksflächen, lässt jedoch zusätzlich eine große Vielfalt an weiteren Beschreibungen (z. B. Farben, Texturen, Animationen) zu. Wichtiger sind heute jedoch Formate wie z. B.

⁸ Tagged Image File Format

⁹ Portable Document Format

¹⁰ Virtual Reality Modeling Language

DirectModel – wohl bekannter unter dem Namen JT¹¹ [JTO-07, HWP-98]. Dieses Format konnte sich vor allem in der Automobil- und Luftfahrtindustrie als Quasistandard für die Visualisierung von 3D-Geometrien durchsetzen. Interessant ist, dass das Datenmodell auch unterschiedliche Repräsentationen bis hin zu Brep-Geometrie unterstützt. Da dieses Format eine Reihe weiterer interessanter Eigenschaften hat (vgl. dazu auch Kap. 6.6), setzt sich seine Anwendung immer weiter durch. Weiterhin sei auch auf 3D-PDF von Adobe hingewiesen [ADO-07]. Als geeignete Viewer seien Imagination (Spicer [SPI-07]) speziell für den Bereich 2D sowie AutoVue (Cimmetry) oder Spin-Fire (Actify [ACT-07]) für 2D und 3D genannt. Die Erstellung der neutralen Files ist leider in der Praxis nicht so trivial, wie es auf den ersten Blick den Anschein hat, wobei gerade bei der Konvertierung von 2D-Modellen (Zeichnungen) erstaunlicherweise besonders viele Fehler auftreten können. Entsprechend Abb. 7–11 erfolgt die erforderliche Konvertierung in den meisten Fällen im Hintergrund (batch), so dass der Nutzer durch die unvermeidliche Zeit für die Konvertierung nicht weiter belastet wird.

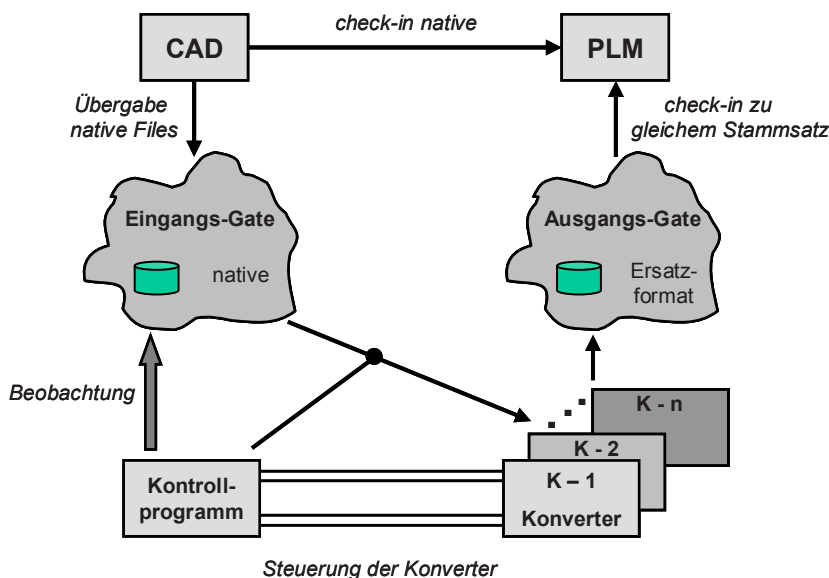


Abb. 7–11 Ablauf einer Formatkonvertierung

Als sinnvoll hat sich die automatische Konvertierung beim Einchecken in das PLM erwiesen. Veranlasst der Nutzer das Einchecken eines 2D- oder 3D-Modelles wird dieses unverzüglich im PLM abgelegt und dabei auch die ggf.

¹¹ Jupiter Tessellation

Werkzeuge an, die das Anbringen von Anmerkungen als Text oder Grafik ermöglichen (Abb. 7–12). Im Sinne der früher üblichen Korrektur mit rotem Markierer spricht man hier vom sog. *Redlining*. Wichtig ist, dass diese Anmerkungen nicht in den Originalinhalt des geviewten Files eingeschrieben werden. Entweder das View-Format bietet die Möglichkeit, Anmerkungen separat auf einem eigenen, jederzeit wieder löschbaren Layer abzulegen oder es wird neben den View-File eine weitere Datei abgelegt, die ausschließlich die Redlining-Daten enthält. Bei der Einbindung von Viewern in PLM-Lösungen muss darauf geachtet werden, ob Redlining gefordert wird oder nicht. Ohne Redlining ist ein einfaches „Lunchen“ des Viewers ausreichend, d. h. das View-File wird ausgecheckt, der Viewer lokal gestartet und das View-File geladen. Wird mit Redlining gearbeitet so ist jedoch das Rückspeichern der Anmerkungen erforderlich. Details zu den unterschiedlichen Arten der Einbindung externer Programme in PLM-Lösungen werden in Kap. 8 detailliert beschrieben. In [NIK-98, NIK-99, NIK-00] sind generelle Anforderungen an Viewer für PLM-Lösungen zusammengefasst. [NIK-06] weist auf die Einsparungspotenziale durch konsequente Nutzung von Visualisierungslösungen hin.

7.2.3 Digital Mock-Up

Alle Unternehmen sind daran interessiert, dass potenzielle Fehler eines Produktes möglichst frühzeitig, d. h. noch während der Entwicklungsphase, erkannt werden. Je früher ein Fehler entdeckt und bereinigt wird, umso geringer sind die daraus erwachsenden Kosten (Abb. 7–13).

In der traditionell organisierten Entwicklung wird dem u. a. durch die Fertigung von physischen Prototypen entsprochen (physical Mock-Up, PMU). Derartige Prototypen bilden dabei den aktuellen Entwicklungsstand eines Produktes in seiner Ganzheit ab. Die Anforderungen an einen Prototyp sind eine möglichst realistische Abbildung des künftigen Produktes und seine Eignung für Funktions-, Montage-, Ergonomie- und Belastbarkeitsuntersuchungen. Der Zwang zur Kostenreduktion führt jedoch dazu, dass derartige Untersuchungen häufig erst relativ spät im Entwicklungsprozess durchgeführt werden, um die Zahl der untersuchbaren Varianten gering zu halten. Mit dem Einsatz von 3D-CAD-Systemen entstand die Möglichkeit, die zunehmend vollständige räumliche Modellierung der Teile und Baugruppen auch für eine virtuelle Simulation wichtiger Zusammenhänge auszunutzen. Derartige Modelle nennt man virtuelle bzw. digitale Prototypen (*digital Mock-Up, DMU*) [SMR-97]. Solch wichtige Untersuchungen, wie die Kontrolle auf evtl. Kollisionen von Bauteilen im fertigen Produkt, Vermessungen kritischer Abstände zwischen Teilen oder der Simulation von Zusammenbausritten bzw. Wartungsmaßnahmen kann auch anhand des virtuellen Modells sehr zuverlässig

durchgeführt werden. Damit ist DMU eine zentrale Komponente der virtuellen Produktentwicklung.

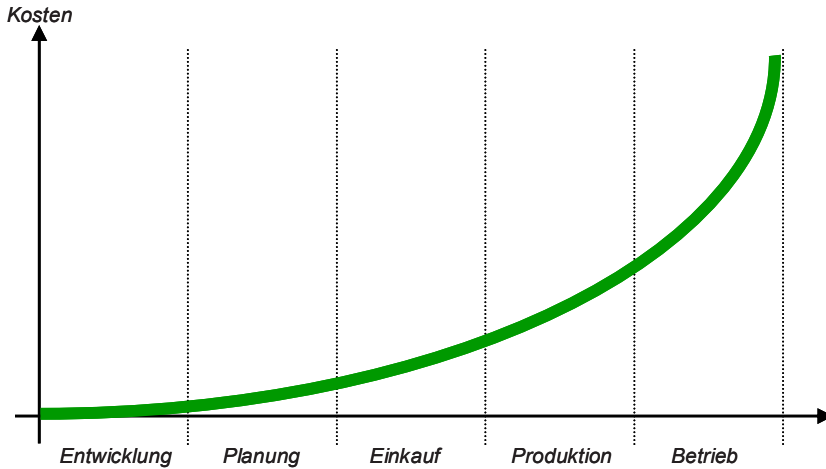


Abb. 7–13 Kosten zur Behebung eines Fehlers in Abhängigkeit des Zeitpunktes der Entdeckung

Die Leistungsfähigkeit eines DMU hängt insbesondere von zwei Kriterien ab:

- Vollständigkeit des virtuellen Modells*

In den meisten Fällen beschränkt sich das DMU heute noch auf die rein mechanischen Teile. Da jedoch vor allem komplexe Produkte mechatronische Produkte sind, die mechanische, elektrische und elektronische Komponenten sowie Software enthalten, nimmt die Forderung zu, neben der mechanischen zumindest auch die elektrische Domäne im DMU verfügbar zu machen. Dies ist gleichzeitig die Voraussetzung für funktionales DMU.
- Funktionsumfang*

Man unterscheidet im Wesentlichen drei verschiedene Klassen von DMU.

Der *statische DMU* ist auf die Untersuchung unbeweglicher geometrischer Komponenten beschränkt. Aus- und Einbauuntersuchungen, Ergonomieuntersuchungen oder Designstudien sind typische Anwendungen.

Beim *dynamischen DMU* werden die Produktkomponenten mit ihren funktionell bedingten Bewegungen betrachtet. So sind Kollisions- und Abstandsuntersuchungen beweglicher Teile, Deformationsuntersuchungen oder auch die Betrachtung sog. biegeschlaffer Teile, wie Kabel und Schläuche, möglich.

Das *funktionale DMU* ergänzt schließlich weitere Simulationen und Analysen, die insbesondere das Verhalten des Produktes in

Wechselwirkung zu seiner Umgebung erfasst. Dazu gehört die Simulation und Analyse von Geräuschen oder Strömungs- und Schwingungsuntersuchungen. Spezielle Anforderungen und Ziele des funktionalen DMU werden u. a. in [RAT-06] dargestellt.

Allerdings ist es auch notwendig, DMU durch eine Reihe von technischen und organisatorischen Maßnahmen geeignet vorzubereiten [LAC-99, DIS-07, LÜA-07]. DMU ist nur durchführbar, wenn alle Teile, die in die Untersuchung einbezogen werden müssen, als räumliche Modelle vorliegen. Dies hat zur Folge, dass ein Einsatz von 2D-CAD nicht in Frage kommt. Nicht die fertigungsorientierte technische Zeichnung, sondern das möglichst vollständige räumliche (3D-)Modell aller Teile ist die Voraussetzung für weitergehende Untersuchungen. Aber auch die Verfügbarkeit von 3D-Modellen stellt die beabsichtigte virtuelle Simulation noch nicht sicher. Dies hat mehrere Gründe.

Wenn im vorangegangenen Kapitel der Schwerpunkt vor allem auf der Visualisierung von Einzelteilen lag, geht es beim DMU nunmehr immer um Baugruppen oder ganze Produkte. Es müssen also teilweise riesige Datenmengen untersucht werden. So bestehen Automobile aus mehreren 100.000 Teilen, im Flugzeugbau geht es um bis zu einer Millionen und im Schiffbau bis zu zehn Millionen Teile. Für eine typische Untersuchung im Rahmen des DMU stehen hier GigaBytes von Daten zur Disposition. Solch große Assemblies lassen sich heute selbst mit sehr leistungsfähigen Rechnern nicht mehr laden. So werden für das DMU des Airbus A380 z. B. ca. 120.000 unterschiedliche Teile in ca. 7,7 Mio. Strukturbeziehungen benötigt [JUN-05]. Weiterhin ist die Komplexität dieser Produkte oft sehr hoch. Diese ist gekennzeichnet durch eine große Strukturtiefe (bis zu 10 Ebenen) und eine hohe Variantenvielfalt. Die CAD-Funktionen zur Auswahl und Manipulation von Produktvarianten wird dem meist nicht gerecht. Schließlich kann durchaus nicht immer sichergestellt werden, dass alle Komponenten des Produktes mit dem gleichen CAD-System erzeugt wurden. Um dieses Problem zu umgehen, fordern speziell große Automobilfirmen zunehmend von ihren Lieferanten die Benutzung des bei sich eingesetzten CAD-Systems. Trotzdem entsteht immer wieder die Notwendigkeit, in einem Zusammenbau auch nicht homogene Modelle zu integrieren. All diese Restriktionen führen dazu, dass ein direktes Digital Mock-Up unter Zuhilfenahme des CAD-Systems kaum möglich ist. Gelöst wird das Problem meist durch die Nutzung der schon vom 3D-Viewen her bekannten Ersatzgeometrien. Dieses ist möglich, da DMU primär die Simulation des Zusammenbaues von Teilen oder die Validierung von Funktionalität bedeutet, nicht aber die Änderung der Teile selbst. Allerdings muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die Nutzung von solchen Geometrieformaten wie VRML oder JT nicht automatisch eine Reduktion der Datenmengen bedeutet. Dies wird mit den drei kleinen Beispielen in Abb. 7–14 deutlich.

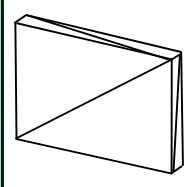
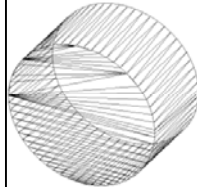
			
Größe .sldprt [KB]	56	55	154
Größe .stl [KB]	1	12	1.186
Anzahl Dreiecke	12	228	24.268

Abb. 7–14 Vergleich der Dateigrößen unterschiedlicher Geometrien

Da versucht wird, die Originalgeometrie möglichst gut mittels Dreiecksflächen zu approximieren, nimmt der Aufwand und damit das Datenvolumen immer weiter zu, je mehr nicht-ebene Flächen vorhanden sind. Abbildung 7–15 zeigt einen speziell für die Nutzung beim DMU zugeschnittenen Vergleich der wichtigsten in Frage kommenden Geometrieformate. Dabei ist nur JT in der Lage, eine weitgehend exakte Geometriedarstellung zu ermöglichen.

	Kompressions- rate	exakte Geometrie	Metadaten	DMU Tool	offener Standard
3DXML	hoch	nein	ja	ja	ja
JT	hoch	ja	ja	ja	ja
CGR	hoch	nein	nein	ja	nein
VRML	gering	nein	ja	ja	ja

Abb. 7–15 Vergleich von für DMU geeigneten Geometrieformaten

Die im vorherigen Abschnitt beschriebene Erzeugung der Ersatzgeometrien für die einzelnen Teile ist beim DMU (und auch später bei VR) nicht mehr ausreichend (Abb. 7–16). Zusätzlich zur Geometrie werden jetzt auch Informationen zur Produktstruktur benötigt. Da die Geometrien nicht mehr durch die CAD-Files repräsentiert werden, stehen auch die dort vorgenommenen Zuordnungen und Beziehungen zwischen den einzelnen CAD-Komponenten nicht mehr zur Verfügung. Damit müssen für jedes Teil bzw. Baugruppe parallel zum CAD-File weitere Repräsentationen verwaltet werden. Dies kann in zwei unterschiedlichen Arten geschehen.

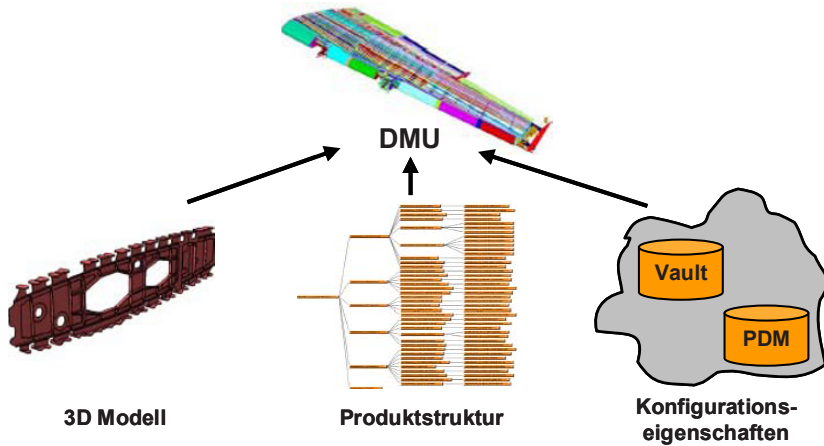


Abb. 7–16 Erforderliche Informationen für ein DMU (nach [JUN-05])

Möglich ist bei der Konvertierung einer Baugruppe ein gemeinsames Modell z. B. als hierarchisch, strukturierter File zu erzeugen (Abb. 7–17). Der Vorteil besteht im relativ einfachen Konvertierungsprozess sowie der ohne weiteres Zutun korrekten Positionierung der Teile.

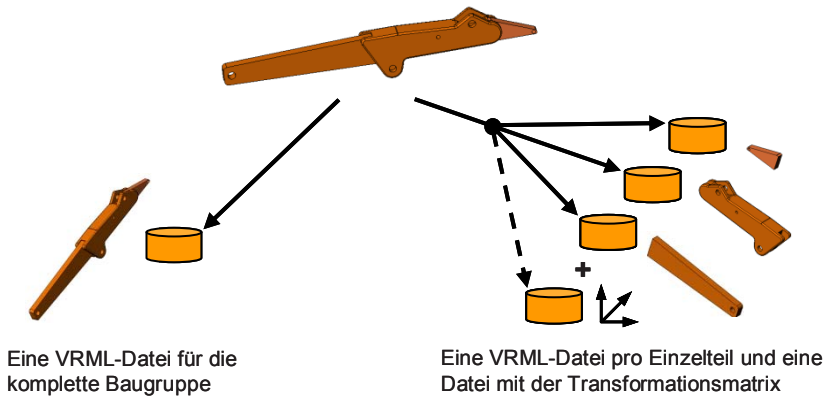


Abb. 7–17 Strukturvarianten am Beispiel einer VRML-Komponente

Vor allem bei statischem DMU ist dieses Vorgehen durchaus sinnvoll. Allerdings muss dann für jeden Strukturknoten ein komplettes Modell abgelegt werden. Nachteilig ist, dass bei der Änderung nur einer Komponente die gesamte Struktur neu erzeugt werden muss. Oft ist es deshalb effizienter, das DMU-Modell zweistufig aufzubauen. Zum einen werden, wie beim Viewen beschrieben, Einzelmodelle jedes Teiles erzeugt. Zusätzlich werden auch die sog. Transformationsmatrizen ausgelesen (Abb. 7–18). Diese beschreiben die Verschiebung (dx , dy , dz) und Verdrehung (dxy , dxz , dzy) einer untergeordneten zu deren übergeordneten Komponente.

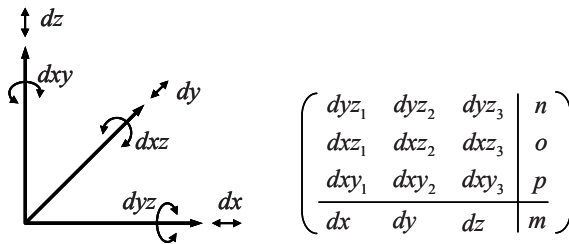


Abb. 7–18 Transformationsmatrix

Die Transformationsmatrix wird im PLM an die Beziehung zwischen übergeordneter und untergeordneter Komponente gespeichert (Abb. 7–19).

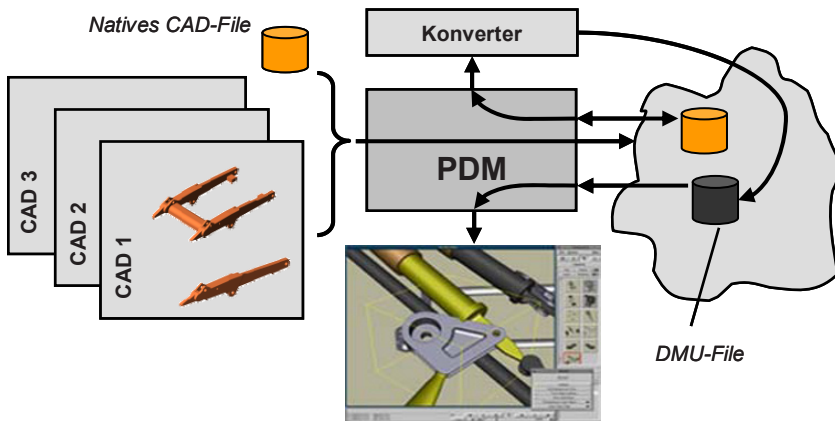


Abb. 7–19 Bereitstellung von Daten für das DMU aus der PDM-Komponente einer PLM-Lösung

Möchte man ein Produkt mittels DMU untersuchen, so werden alle über den Konverter bereitgestellten Files ausgecheckt, dem DMU-Werkzeug übergeben und mit Hilfe der Transformationsmatrix relativ zum Koordinatensystem der übergeordneten Komponente korrekt positioniert. Schließlich werden für ein korrektes DMU noch Informationen über die Änderungs- und Freigabezustände der einzelnen Teile und Baugruppen benötigt, die direkt aus dem PDM-System entnommen werden können.

Besonders einfach ist das Arbeiten, wenn die DMU-Funktionalität direkt auf der Benutzungsoberfläche der PLM-Lösung angeboten wird. Dies zeigt beispielhaft Abb. 7–20. Zum einen ist es hier für den Anwender nicht notwendig, mit zwei verschiedenen Benutzungsoberflächen zu arbeiten. Außerdem stehen sofort eine Reihe weiterer, sehr nützlicher Funktionen zur Verfügung, wie Einfärben der einzelnen Teile in Abhängigkeit des Status im Freigabeprozess oder eine direkte Synchronisation der im Produktbrowser selektierten Elemente mit der entsprechenden Selektion in der DMU-Darstellung.

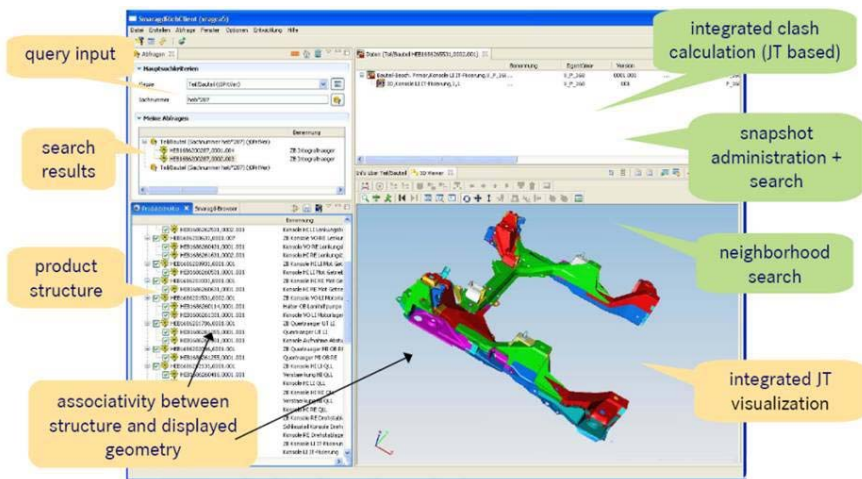


Abb. 7–20 DMU-Funktionen als Bestandteil eines PLM-Clients [PUE-07]

7.2.4 Virtual Reality

Virtual Reality (VR) ist als Visualisierungs- und Simulationsumgebung heute bereits aus vielen Branchen, wie dem Automobil- oder Flugzeugbau, nicht mehr wegzudenken. Gegenüber den bereits besprochenen DMU hinausgehenden Möglichkeiten bietet VR eine stereoskopische Darstellung ganzer Maschinen. Aber auch außerhalb des Maschinenbaus ist VR als Komponente von PLM-Lösungen ein wertvolles Hilfsmittel. Ein Beispiel aus dem Kraftwerksanlagenbau zeigt Abb. 7–21. Auf spezielle Aspekte des PLM-Einsatzes im Kraftwerksanlagenbau wird in [LAM-07] hingewiesen.

Dabei ermöglicht VR nicht nur eine bessere Visualisierung komplexer geometrischer Sachverhalte, sondern bei geeigneter Hardware auch die direkte Interaktion des Menschen mit den virtuellen Modellen. Dazu werden für eine VR-Präsentation zumindest folgende Komponenten benötigt:

- 3D-Modelle des Produktes,
- VR-spezifische Zusatzinformationen (Texturen, Szene) und
- eine spezielle Ausgabetechnik.



Abb. 7–21 VR-Präsentation einer Kraftwerksanlage (Quelle: Siemens)

Als 3D-Geometriemodelle sind die bereits beschriebenen DMU-Modelle auch für die Arbeit in Virtual Reality geeignet. Allerdings wird in VR erwartet, dass das Mock-Up dem späteren Originalprodukt in Funktion, Verhalten und Erscheinung möglichst nahe kommt. Aus diesem Grund müssen die 3D-Modelle mit einer Reihe von erweiterten Informationen ergänzt werden (Abb. 7–22).

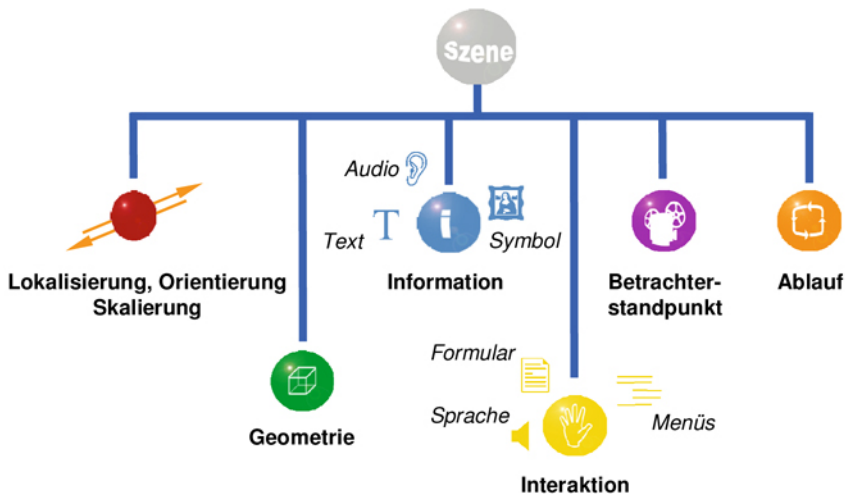


Abb. 7–22 VR-Modellkomponenten im Szenegraph [STE-03]

Zum einen betreffen sie das Produkt selbst. Dazu zählen z. B. Oberflächen-texturen zur Erreichung einer wirklichkeitsnahen Präsentation. Derartige Texturen können relativ einfach (Oberflächendarstellung metallischer Körper) oder auch sehr komplex sein (Darstellung strukturierter Oberflächen, wie z. B. Textilien oder Leder). Aber es muss auch beachtet werden, dass das weitgehend reale Erleben eines Produktes neben der visuellen Wahrnehmung auch weitere Sinne des Menschen ansprechen muss. Dazu zählen die akustische Wahrnehmung, die durch die Zuordnung von Schallquellen zu einzelnen Modellelementen oder Ereignissen in der VR-Szene ermöglicht wird, und der Tastsinn (Haptik¹²), der entweder durch eine visuelle Ersatzinteraktion durch grafische Steuerelemente ersetzt wird oder auch in eingeschränktem Umfang durch spezielle Hardware realisierbar ist. Zum anderen werden Modelle der Umgebung des Produktes benötigt. Dazu gehören z. B. das Environment, in dem das Produkt dargestellt werden soll (Auto auf der Straße oder in der freien Natur) oder auch Beleuchtungsvarianten. All diese Informationen werden in einem sog. Szenegraphen zusammengefasst. Abbildung 7–23 zeigt die Einbindung des VR- in eine PLM-Lösung und die typischen Datenflüsse.

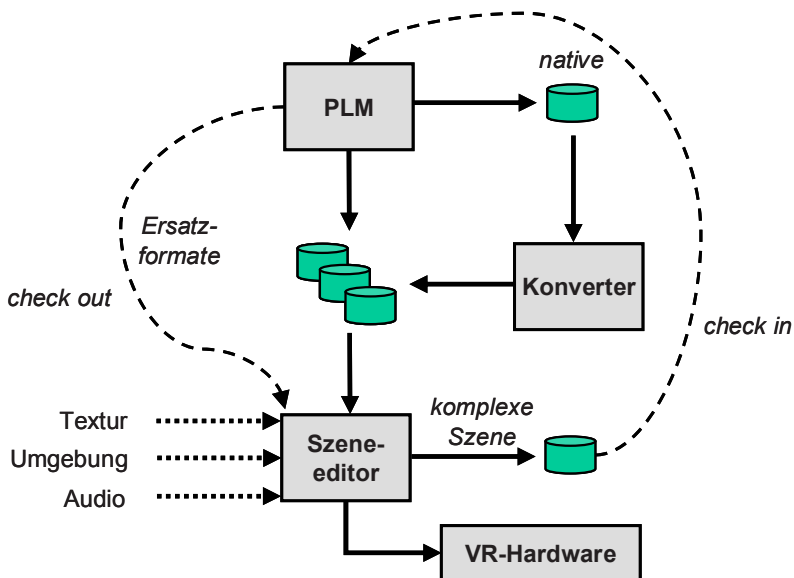


Abb. 7–23 Anbindung eines VR-Systems in eine PLM-Umgebung

Zur Vorbereitung der VR-Session werden alle erforderlichen 3D-Modelle sowie die zugeordneten Produktstrukturen aus dem PLM ausgecheckt. Sind ggf. einige Modelle noch nicht konvertiert, so muss dies nun nachgeholt werden. Anschließend werden die Daten an einen Szene-Editor, wie IDO:Prepare

¹² haptische Wahrnehmung: aktive Erfüllung von u. a. Größe, Konturen und Oberflächen-textur eines Objektes

[ICI-07] oder EON [EON-07] übergeben und dort mit den weiteren Daten des Szenegraphen ergänzt. Dieser ist dem Produktmodell nicht per se zugeordnet und kann von VR-Session zu VR-Session je nach Zielstellung der Untersuchung wechseln. Es ist deshalb durchaus möglich die Szenegraphen lokal am VR-System zu speichern. Im Sinne einer späteren Nachvollziehbarkeit empfiehlt sich aber durchaus auch eine Zuordnung im PLM. Auf der Grundlage der kompletten VR-Szene wird schließlich die VR-Hardware angesteuert. Für Arbeit mit VR-Modellen steht eine große Anzahl an unterschiedlicher Technik zur Verfügung. Diese reicht von einfachen auto-stereoskopischen Displays über Großwandprojektionen (sog. Powerwall) bis zu Projektionsräumen (sog. CAVE¹³; Abb. 7–24).

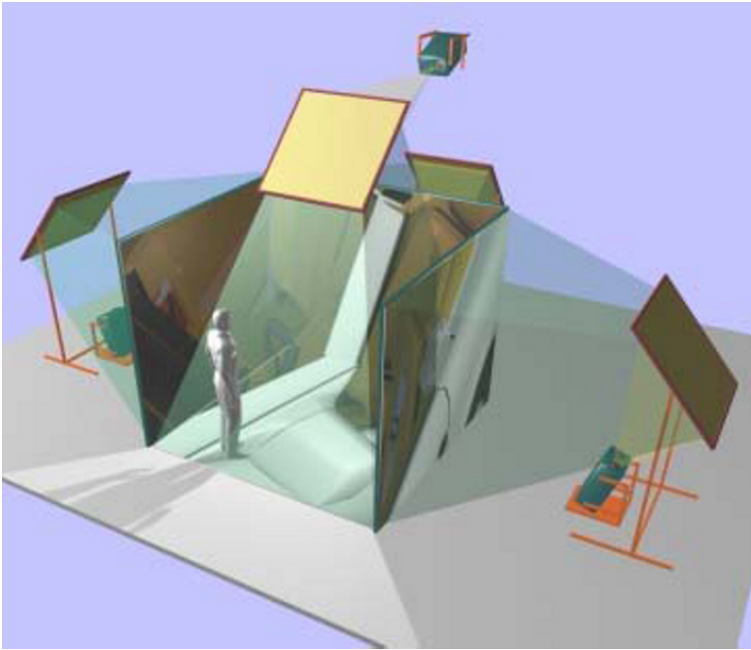


Abb. 7–24 CAVE als Beispiel eines VR-Systems (Quelle: Heinz Nixdorf Institut Universität Paderborn)

Fordert man einen hohen Grad an Immersion¹⁴, so bietet die CAVE, mit ihren bis zu sechs Projektionsflächen die beste, aber auch aufwendigste Lösung. Nähere Informationen zu technischen VR-Lösungen sowie den VR-Softwaresystemen kann der weiterführenden Literatur entnommen werden [SHA-01, BLC-07].

¹³ abgekürzt aus: Cave Automatic Virtual Environment (wörtlich übersetzt: „Höhle mit automatisierter, virtueller Umwelt“)

¹⁴ Lat.: Eintauchen

An dieser Stelle soll auf die besonderen Ansprüche hingewiesen werden, die für eine breite Anwendung, z. B. im Maschinenbau, bestehen.

Dazu gehören:

- Einbindung in den IT-Prozess; die Vorbereitung einer VR-Simulation ist heute immer noch mit viel zu hohen Aufwendungen verbunden.
- Normung der Daten und Schnittstellen; dies ist besonders wichtig, um fehlerhafte Modelle, Fehlpositionierungen im Raum oder nicht darstellbare Texturen zu vermeiden.
- die Integration nicht-visueller Komponenten, wie Audio oder Haptik ist heute noch recht aufwendig.
- Datenrückflüsse sind kaum realistisch; Änderungen können meist nicht direkt in das CAD-Modell zurückgeführt werden und müssen manuell eingearbeitet werden.

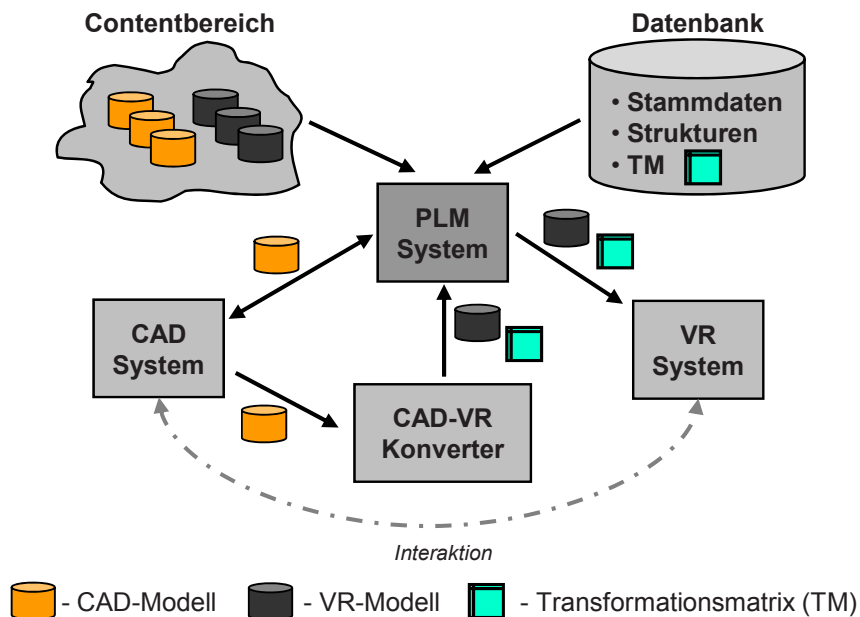


Abb. 7–25 Integriertes System mit CAD-VR-PLM-Komponenten

Auf Grund der besonderen Anforderungen ist auch die Arbeit mit großen und komplexen Modellen im VR heute häufig noch eingeschränkt. In [BOH-07] wird vor allem auf folgende drei Probleme hingewiesen:

- Die Modellgröße kann schnell den verfügbaren Arbeitsspeicher überfordern.
- Die Ladezeiten großer Modelle können inakzeptabel lang werden.

- Die Bildwiederholrate wird zu gering, um noch sinnvoll interaktiv arbeiten zu können.

Bekannte Verfahren, auch sehr große Modelle in Echtzeit visualisieren zu können, sind jedoch sehr zurückhaltend zu bewerten [FHG-06]. Diese Verfahren benötigen eine sehr zeitaufwendige Modellerzeugung und die entstehenden Modelle können zur Laufzeit auch bzgl. einzelner Modellkomponenten nicht mehr geändert werden. Gerade jedoch unter den zuletzt genannten Einschränkungen, ermöglicht die enge Anbindung an PLM eine weitgehend nahtlose Einbindung von VR-Technologien in den Entwicklungsprozess. Abbildung 7–25 zeigt eine am Lehrstuhl für Konstruktionstechnik/CAD der Technischen Universität Dresden entwickelte Integration zwischen CAD-, VR- und PLM-Systemen [STE-07]. Dabei wird davon ausgegangen, dass die VR-Präsentation zum immanenten Bestandteil des Entwicklungsprozesses wird und permanent zur Verfügung steht. Alle im CAD-System vorgenommenen Änderungen werden unmittelbar nach Freigabe durch den Entwicklungsingenieur in der VR-Umgebung dargestellt. Dazu ist keinerlei zusätzliche Tätigkeit des Nutzers erforderlich. So besteht immer die Möglichkeit, die gerade an einer beliebigen Baugruppe vorgenommenen Änderungen bzgl. deren Relevanz für die Umgebung zu untersuchen. Zusätzliche Informationen aus der PLM-Lösung (z. B. Freigabestatus) werden bei Bedarf im VR-Modell durch Falschfarbendarstellungen ergänzt. Dabei werden nichtgeometrische Eigenschaften der Objekte, wie z. B. Freigabestatus, nach einer individuell definierten Codierung durch geeignete Einfärbungen visualisiert (Abb. 7–26).

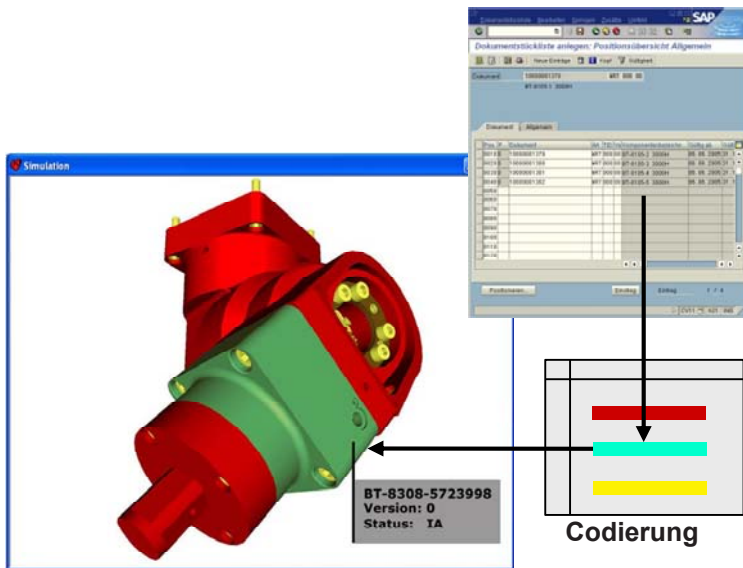


Abb. 7–26 Falschfarbendarstellungen in einem VR-Modell

Auch die unmittelbare Übernahme von kinematischen Abhängigkeiten zwischen den Teilen ist möglich und Bewegungsabläufe können im VR-System räumlich analysiert werden. Eine derartige enge Integration der einzelnen Komponenten ermöglicht auch direkte Aktionen im VR, wie die Selektion von Komponenten, die dann aus dem PLM ausgecheckt und in das CAD-System zur weiteren Bearbeitung geladen werden.

Für eine Reihe von Fragestellungen im Rahmen der Produktentstehung ist es erforderlich virtuelle Modelle mit real existierenden Objekten zu überlagern. Dies ist z. B. zur Unterstützung von Montage- und Wartungsarbeiten unerlässlich, bei denen Handlungsanweisungen direkt in die realen Baugruppen einzublenden sind [STE-05]. Zum Einsatz kommt in diesen Fällen die Technologie der Augmented Reality (AR). Der Nutzer trägt dabei eine Brille, die es ihm erlaubt das reale Produkt zu sehen. Die Zusatzinformationen werden dann direkt in das Sichtfeld der Brille eingeblendet. Für weiterführende Beschreibungen von AR sei auf die einschlägige Literatur verwiesen, wie z. B. [BAU-01]. Eine praxisgerechte Nutzung von AR erfordert eine besonders enge Einbindung in die PLM-Umgebung sowohl bezüglich der Produktmodelldaten als auch der Prozessinformationen [SAS-08].

7.3 Ausgabefunktionen

7.3.1 Drucken

Die Ausgabe der Datenbestände einer Applikation gehört zu den Standardfunktionen, die jeder Anwender zu Recht erwartet. Jedes Office-Programm bietet die Möglichkeit, per einfachen Knopfdruck einen Ausdruck des erzeugten Dokumentes zu erstellen. Trotzdem tun sich viele PLM-Lösungen bei der Bereitstellung hochwertiger Ausgabefunktionen recht schwer. Der Grund liegt vor allem in den komplexen Datenstrukturen, die zum Erzeugen einer Druckausgabe auszuwerten sind. Selbst recht einfach anzuschauende Ausgaben, wie eine Stückliste, bedürfen intern recht aufwendiger Datenbankanalysen. Im Falle der angesprochenen Stückliste müssen für die Druckaufbereitung

- ausgewählte Felder des Stammsatzes des übergeordneten Oberteiles (Baugruppe) gelesen (z. B. Nummer und Benennung) werden;
- bestimmte Informationen aller Struktur-Relationssätze ermittelt werden (z. B. Stückzahlen);
- Daten der über die Struktur-Relationen gefundenen Unterteile (Stücklistenpositionen) ergänzt werden.

Gegebenenfalls wird evtl. auch noch erwartet, dass bildhafte Darstellungen, die dem Stammsatz zugeordnet sind, mit auf dem Druck erscheinen. In diesem Fall muss zusätzlich das betreffende File ausgecheckt und auf dem Druckbild positioniert werden (Abb. 7–27). Grundsätzlich kann der Druck entweder

unter Nutzung kommerzieller Werkzeuge, wie den AusgabETOOLS der Datenbanken (z. B. Forms und Reports von ORACLE) oder datenbankunabhängigen, neutralen Programmen (z. B. Cristal Report) erfolgen. Die Anwendung dieser Programme hat den Vorteil einer oft recht einfachen Handhabung und guter Performance, speziell bei großen Datenmengen. Außerdem sind die Gestaltungsmöglichkeiten und zugehörige Layout-Editoren auf sehr hohem Niveau. Allerdings sind hier auch einige Probleme zu nennen:

- Um einen Ausdruck aufbereiten zu können, greifen diese Programme direkt auf das Datenmodell der Datenbank zu. Dieses ist bei PLM-Lösungen meist sehr kompliziert und für den Anwender nicht ohne weiteres verständlich.
Auch sollte man nie direkt auf die Datenbank zugreifen, da bei PLM-Lösungen die Logik des Modells in einem Repository abgelegt ist und sich bei jeder Änderung oder Erweiterung am System auch Änderungen des Datenmodells ergeben.
- Daten, die außerhalb der Datenbank liegen (z. B. Dokumenten-Files) können nicht oder nur sehr schwer integriert werden.
- Oft sollen beim Ausdruck auch Informationen ausgegeben werden, die durch Nutzerfunktionen erst zum Zeitpunkt der Darstellung berechnet werden. Diese Funktionen sind i. d. R. mit den Mitteln der PLM-Lösung beschrieben und stehen den externen Werkzeugen nicht zur Verfügung.

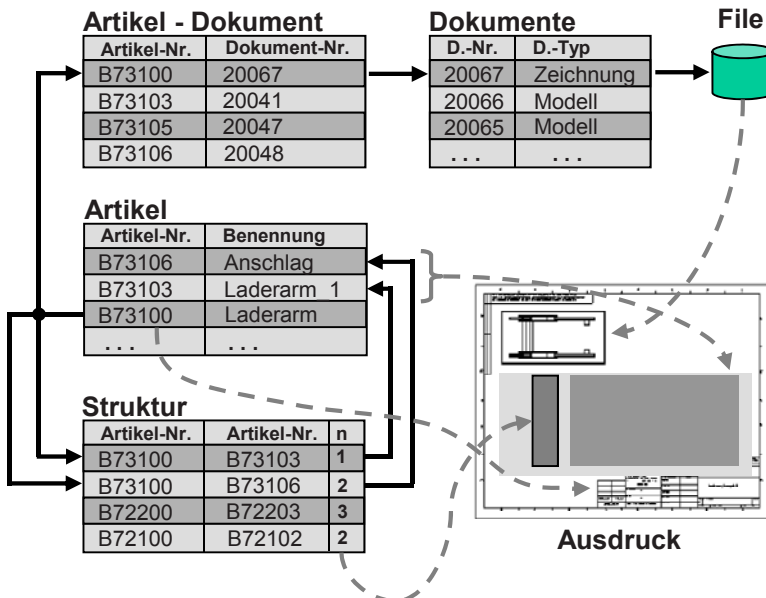


Abb. 7-27 Druckaufbereitung aus Metadaten und Dokumenten einer PLM-Lösung

Somit bleibt meist nur der Weg, ein in der PLM-Lösung direkt bereitgestelltes Druckwerkzeug zu benutzen. Abb. 7–28 zeigt die Struktur einer derartigen Anwendung. Grundsätzlich wird zwischen der Definition der Druckvorlagen und dem direkten Druckvorgang unterschieden.

Die Druckvorlage enthält alle Angaben über das Layout des Druckes (Formate, Fonds, Positionen der Daten, Grafiken, ...) sowie den Bezug auf die Datenobjekte des PLM. Um diesen Vorgang möglichst einfach zu halten werden oft gebräuchliche Reportprogramme angebunden, wie MS-WORD, MS-ACCESS oder Crystal Report. Der Printmodul der PLM-Lösung stellt den Editoren dieser Programme oft schon Prototypen von Druckvorlagen zur Verfügung, die bereits alle relevanten Daten als Platzhalter enthalten. Grundlage für solche Ausgaben sind meist Maskendefinitionen im PLM, so dass alle dort beschriebenen Kopfdaten, evtl. Unterlisten, kalkulatorische Daten (mittels in den Masken enthaltener Funktionen berechnete Daten, die so nicht in der Datenbank enthalten sind) oder auch Grafiken berücksichtigt werden können. Der Anwender kann nun mittels dieser Editoren die Layouts fertigstellen. Anschließend werden die Layouts in die Verwaltung des PLM-Printmoduls übernommen.

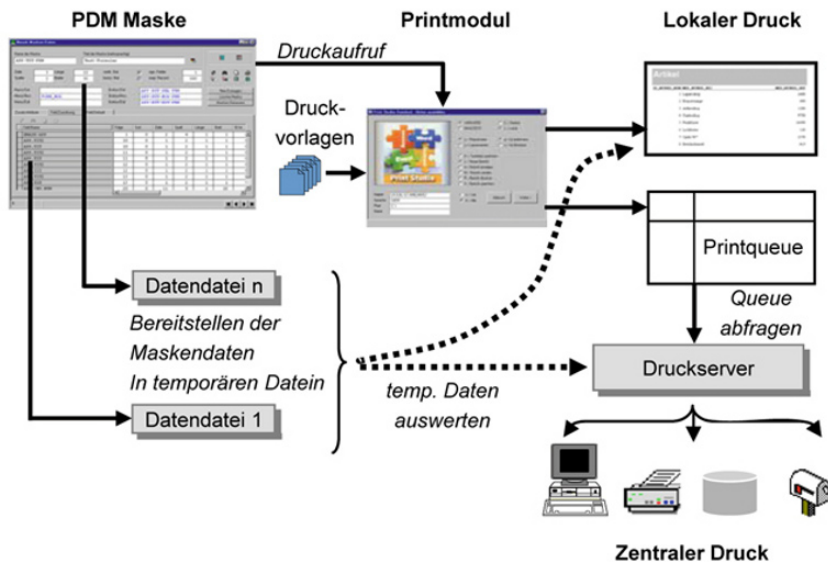


Abb. 7–28 Zentraler und lokaler Druck in einer PLM-Lösung

Beim eigentlichen Druckvorgang greift der Printmodul auf die Druckvorlage zurück. Aus der dazugehörigen Definition können alle benötigten Daten bzw. Files ermittelt werden, die der Printmodul unmittelbar erzeugt und temporär ablegt. Diese temporäre Zwischenspeicherung garantiert konsistente Druckergebnisse, auch wenn evtl. kurz nach Druckauslösung eine Änderung

der Daten durch andere Nutzer erfolgt. Es ist nun sowohl möglich, direkt lokal auf dem eigenen Rechner zu drucken, als auch eine Druckanforderung für einen zentralen Druck zu erzeugen. Der lokale Druck hat den Nachteil, dass der Arbeitsrechner mit der Druckerzeugung belastet wird. Somit wird diese Variante meist nur bei kleineren Ausgaben (einzelne Seiten; einfache Datenaufbereitung) verwendet. Der Vorteil ist, dass es auf einfache Weise möglich ist, den Druck vor der eigentlichen Ausgabe zum Anschauen anzubieten (Preview) sowie die Unabhängigkeit von der Auslastung eines zentralen Druckservers. Im Falle des lokalen Druckes werden die temporären Daten-Files direkt an die Ausgabeapplikation übergeben und der Druckvorgang ausgelöst.

Bei größeren Datenvolumen bzw. komplexerer Datenaufbereitung (z. B. notwendiger Integration großer Grafiken) wird meist auf einem zentralen Druckserver gearbeitet. In diesem Fall schreibt der Printmodul eine Anforderung in die Print-Queue und stellt alle erzeugten temporären Daten-Files in einem zentralen Arbeitsbereich zur Verfügung. Auf dieser Print-Queue arbeiten ein oder mehrere spezielle Druckserver, d. h. Ausgabeprogramme, die auf speziell dafür reservierten Rechnern im Netz laufen. Diese werten die Queue sequenziell aus, generieren die Druckdaten und veranlassen den Druck auf dem vom Anwender ausgewählten Drucker. Für den Anwender besteht vor allem der Vorteil, dass er von den Druckprozessen lokal nichts bemerkt und er ohne Einschränkungen weiterarbeiten kann. Selbstverständlich bieten solche Ausgabemoduln meist neben dem eigentlichen Druck auch Möglichkeiten, die Darstellung lokal als File bereitzustellen oder auch als e-Mail zu versenden.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht darin, dass der erzeugte Druck selbst wieder als Dokument im PLM abgelegt wird. Dies ist vor allem dann interessant, wenn Berichte aus den im PLM gespeicherten Daten erzeugt werden müssen, die selbst Dokumentencharakter besitzen und dementsprechend zu archivieren sind.

7.3.2 Plotten

Im Gegensatz zum Drucken geht es beim Plotten nicht vordergründig um die Ausgabe von Daten der Datenbank, sondern um die Wiedergabe von Dokumenten. Insofern spielt die Komplexität des PLM-Datenmodells bei dieser Aufgabe keine vordergründige Rolle. Da es sich jedoch zumeist um Dokumente verbindlichen Charakters handelt, treten neue Forderungen hervor. Die damit verbundenen Schwierigkeiten werden leider oft unterschätzt.

Wird ein Plottauftrag von einem Arbeitsplatz abgesetzt (Client der PLM-Lösung; Schritt 1 in Abb. 7–29), so kommt dem Datenformat der zu plottenden Dokumente eine besondere Bedeutung zu. Sollen native CAD-Zeichnungen geplottet werden, so müssen diese vor der Ausgabe zuerst so aufbereitet werden, dass sie alle benötigten Informationen in einer für die Ausgabe geeigneten Form enthalten. In der Regel müssen noch bestimmte Informationen in den Zeichnungen ergänzt werden (z. B. sind noch Stammda-

ten in den Zeichnungskopffeldern zu schreiben; ggf. müssen noch weitere, kundenspezifische Zeichnungsköpfe zugemischt werden). Kann direkt lokal geplottet werden, so stellt dies kein größeres Problem dar, da alle benötigten Informationen direkt aus dem PLM nach CAD geladen werden können. Auch die Konvertierung in ein für das Ausgabegerät geeignetes Datenformat wird meist direkt unterstützt. Dazu geeignete Konverter werden i. d. R. von den CAD-Systemanbietern gemeinsam mit dem CAD-System vertrieben. Allerdings wird die Ausgabe größerer Zeichnungsmengen oder größerer Formate i. d. R. nicht lokal erfolgen. Die dazu geeigneten Geräte sind groß sowie teuer und werden zentral für alle Nutzer betrieben. Auch wird häufig der Plott-auftrag nicht im Dialog, sondern automatisch, z. B. im Rahmen eines Freigabeprozesses, ausgelöst.

So muss also auch die Aufbereitung der CAD-Daten im Hintergrund erfolgen. Dazu läuft auf einem zentralen Server (meist der auch für die Plott-Ausgabe genutzte Rechner) ein CAD-System im Batch-Betrieb, d. h. ohne Dialoganteil. Dieses erhält vom PDM-System der PLM-Lösung einen Konvertierungsauftrag (Schritt 3 in Abb. 7–29) in Form des nativen CAD-Files sowie der relevanten Stammdaten. Das CAD-System erzeugt aus den Eingangsdaten ein druckfertiges Ausgabeformat (Schritt 4 in Abb. 7–29). Diese Funktionen beruhen allerdings meist auf der Verfügbarkeit einer CAD-Lizenz. Diese Bedingung stellt durchaus bereits einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor dar. Um das Problem zu mindern, bieten manche CAD-Anbieter Lizenzen der CAD-Software mit eingeschränkter Funktionalität an. Diese Lizenzen gestatten keine Änderungen an der Zeichnung. Gerade bei der Ausgabe von native Formaten im Hintergrund muss darüber hinaus sehr sorgsam geplant werden, dass die Druckausgabe auch qualitativ ausreichend und der Inhalt korrekt ist. Zur Zusammenfassung von bestimmten Klassen von Zeichnungsinhalten die einzeln aus- und einschaltbar sind werden häufig Zeichnungs-Layer benutzt. Bei der Ausgabe muss dann unbedingt abgesichert werden, dass auch im Druck genau die benötigten Layer sichtbar sind.

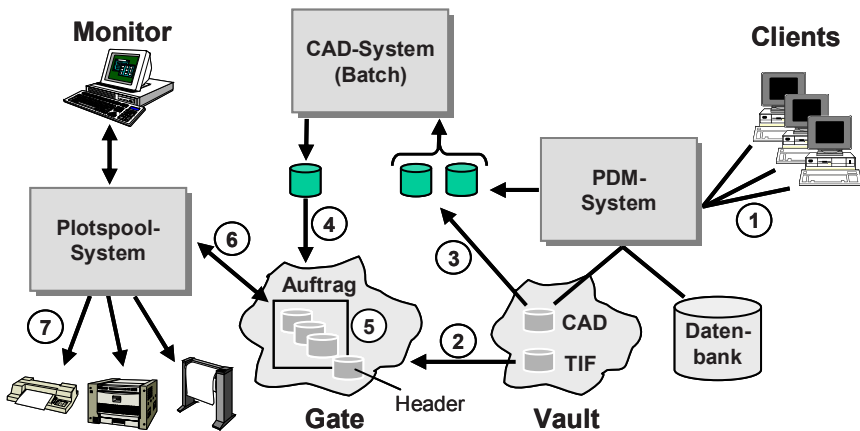


Abb. 7–29 Ausgabe von Zeichnungen über ein Plottersystem

Das CAD-System erzeugt nun nicht direkt eine Plottausgabe auf einem der verfügbaren Geräte, sondern stellt den Ausgabe-File einem Plottspool-System zur Verfügung. Diese Programme erledigen alle spezifischen Funktionen, die bei der Ausgabe von Zeichnungen benötigt werden [HAS-04, DIE-99]. Dies sind:

- freie Bestimmung des Plottzeitpunkts,
- freie Auswahl des Ausgabegerätes,
- Papieroptimierung,
- freie Auswahl des Zeichnungsmediums,
- Nutzung von Stempeltextrn;

Stempel sind feste Texte, die auf der Zeichnung platziert werden können; typisch ist z. B. eine Kennzeichnung mit dem Text „Nur zur Information“ für noch nicht freigegebene Zeichnungen.
- Löschkennnung,
- Erstellungsdatum, Ersteller,
- Prioritätsstufen;

Über die Vergabe von Prioritäten kann die Reihenfolge der Plottaufträge gesteuert werden.
- Faltprogramme,
- Einstellbarkeit des Skalierungsfaktors bzw. wahlweise auch eine automatische Skalierung,
- Einstellbarkeit der Anzahl der Kopien,
- Parametrierbare Zeichnungsbeschriftung (z. B. Benutzerkennung, Verteiler, Skalierungsfaktor),
- Fertig- bzw. Fehlermeldungen an den Benutzer und
- Verwaltung von Abrechnungsinformationen (Accounting);

damit wird es möglich, das Plottaufkommen einzelnen Abteilungen zuzuordnen und somit zu einer aufwandsabhängigen Abrechnung zu kommen.

Meist überwachen die Plottspool-Systeme einen oder mehrere Eingabebereiche (Gates) (Schritt 6 in Abb. 7–29). Finden sie dort einen abgeschlossenen Auftrag, so beginnen sie zu arbeiten. Ein derartiger Auftrag kann entweder aus einem einzelnen Plott-File bestehen oder häufiger aus einer Gruppe von zusammengehörigen Files (Schritt 5 in Abb. 7–29). Diese Files stellen eine Menge von zusammengehörigen Zeichnungen dar, die auch gemeinsam ausgegeben werden sollen. Die für die Ausgabe relevanten Daten (welche Files gehören zum Auftrag, wo zu plotten ist, wie viele Kopien, Stempelanforderungen, etc.) stehen in einem Headerfile. Seine Existenz kann auch als Kriterium des ansonsten fertigen Auftragsatzes für das Plottspool-System gelten. Abschließend übernimmt das Plottspool-System je nach angefordertem Ausgabegerät die Konvertierung in das dort benötigte Datenformat. Zu diesem Zweck bieten die meisten Plottspool-Systeme eine sehr große Anzahl an Ausgabegeräten (vom Laserdrucker mit Format DIN A4 bis zu großen Plottern im

sog. Plottzentrum) an. Über einen angeschlossenen Monitor kann der Bediener den Stand der einzelnen Aufträge überwachen und auch Informationen zur Abrechnung der Aufträge (accounting) ansehen. Einfacher wird der gesamte Ablauf, wenn im PDM-System bereits File-Formate abgelegt sind, die nicht mehr über das CAD-System aufbereitet werden müssen (z. B. TIFF- oder PDF-Files). Diese entstehen oft bereits zum Zwecke des Viewens bzw. für die Archivierung im Rahmen der Speicherung der Zeichnung oder spätestens zum Zeitpunkt der Zeichnungsfreigabe. Natürlich verlagern sich die technischen Forderungen lediglich in einen vorgelagerten Schritt. Da diese Konvertierung jedoch für Viewing bzw. Archivierung sowieso notwendig ist, verringert sich der Gesamtaufwand deutlich. Diese können dem Plottspool-System dann direkt übergeben werden (Schritt 2 in Abb. 7–29).

7.3.3 Rapid Prototyping

Sollen nicht nur Dokumente, sondern auch physische Modelle ausgegeben werden, kommt eine Gruppe von Technologien zum Einsatz, die unter dem Namen *Rapid Prototyping* (RP) zusammengefasst wird (vgl. dazu auch Kap. 3.2).

Rapid Prototyping erlaubt die Herstellung physischer Objekte direkt aus dem 3D-CAD-Modell ohne eine aufwendige sonst erforderliche Produktionsvorbereitung und mit teilweise völlig neuen Gestaltungsmöglichkeiten. Vor allem bei einer sinnvollen Kombination mit den virtuellen Analyseverfahren ist es möglich, den Zeitanteil für Entwicklung, Prototypen- und Werkzeugbau signifikant zu senken [PHD-03, GRV-06]. Trotzdem muss im Unterschied zu den im letzten Abschnitt diskutierten Ausgabetechnologien beachtet werden, dass die Anwendung von RP in den meisten Fällen doch einer spezifischen Vorbereitung bedarf. Denn obgleich eine der Ziele des RP darin besteht, auf möglichst einfache Art und Weise ein körperliches Abbild des virtuellen Modells zu erhalten, so ist dies doch in den meisten Fällen nicht „auf Knopfdruck“ zu erreichen. Auf zwei spezielle Probleme soll hier besonders hingewiesen werden.

Die Lage bei der Fertigung

Bei den meisten RP-Verfahren ist es sinnvoll den verfügbaren Bauraum der Maschine voll auszunutzen. So kann der relativ lange und teure Herstellungsprozess auch dadurch optimiert werden, indem - wenn möglich - mehrere kleine Teile gleichzeitig gefertigt werden. Dies erfordert aber eine sinnvolle Lageplanung der einzelnen Teile. Auch ist es notwendig, die Lage der Teile im Raum so zu definieren, dass Stützgeometrien möglichst vermieden, Verzug bzw. Spannungen im Teil reduziert und ggf. erforderliche Nachbearbeitungen vereinfacht werden. Da die Position eines Teiles im Bauraum sich jedoch bei

jeder weiteren Herstellung ändern kann, ist die Rückführung in das PLM nicht erforderlich.

Die Stützgeometrie

Eine besondere Herausforderung entsteht, wenn es auch durch geeignete Positionierung des Teiles nicht vermieden werden kann, dass bestimmte Bereiche frei in den Raum hinausragen (↘ Überhänge) (Abb. 7–30). Diese Bereiche können sich bei der Herstellung nicht auf darunter liegendes festes Material abstützen. Bei allen Verfahren, die flüssige Ausgangsstoffe verwenden (z. B. Stereolithographie) ist ein solcher Überhang ohne zusätzliche Maßnahmen grundsätzlich nicht zu fertigen. Aber auch bei pulverförmigem Ausgangsmaterial (z. B. Lasersintern) bedarf das Herstellen der meisten Überhänge (Abstützwinkel größer 45°) einer sog. Stützgeometrie (Abb. 7–30).

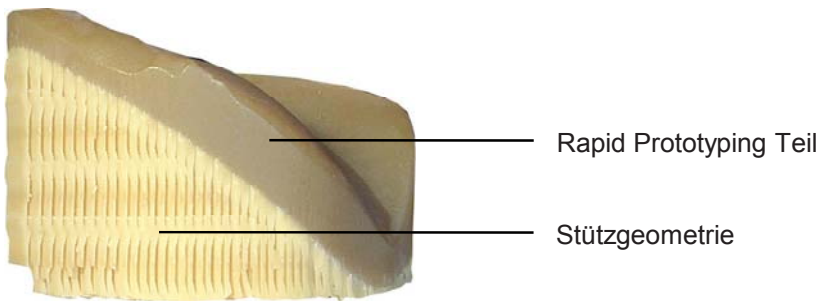


Abb. 7–30 Stützgeometrien an Rapid Prototyping Teilen am Beispiel einer aus Thermopolymer gefertigten Epithese

Diese Stützgeometrie wird zwischen Überhang und festem Untergrundmaterial eingefügt und erhält eine solche Struktur, dass sie später einfach entfernt werden kann. Da diese Zusatzgeometrie bei jedem folgenden Anfertigen des Teiles erneut benötigt wird, macht es durchaus Sinn, diese im PLM mit zu verwalten. Allerdings muss man hier zwei unterschiedliche Vorgehensweisen unterscheiden. So haben die Rapid Prototyping-Maschinen häufig zugehörige Softwaresysteme, die die CAD-Geometrie lesen und während des *slicen*¹⁵ dieser Geometrie auch die benötigte Stützgeometrie ergänzen. Der entstandene Slice-File (z. B. .CLS) kann dann dem Teil zugeordnet werden. Etwas schwieriger gestaltet sich der Prozess, wenn die Ergänzung der Stützgeometrie manuell im CAD-System vorgenommen werden muss. Da dies in den meisten Fällen nicht durch den Konstrukteur selbst durchgeführt wird, muss also der für das Rapid Prototyping verantwortliche Mitarbeiter direkt an der CAD-Geometrie arbeiten. Zur klaren Trennung der Verantwortlichkeiten sowie um

¹⁵ von engl. slice, Scheibe; Technik, die eine Geometrie in eine Folge von ebenen Darstellungen zerlegt

Konflikte mit den Freigabestatus und den zugehörigen Zugriffsrechten zu vermeiden, sollte die Stützgeometrie in einer Kopie des CAD-Files oder einem abgeleiteten Teil ergänzt werden.

Literatur

- ACT-07 actify: <http://www.actify.com>; Zugriff: 23.Juli 2007
- ADO-07 adobe: <http://www.adobe.com>; Zugriff: 23.Juli 2007
- BAU-01 Bauer, M. et al.: Design of a component based augmented reality framework. Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality (ISAR '01) 2001
- BLC-07 Blach, R.; Czaykowska, A.: Prozessintegration entscheidet. Digital Engineering Magazin 10 (2007) 2
- BOH-07 Bohuszewicz, O.v.: Der Weg zu bedarfsgerechten Virtual Reality-Lösungen. In: Proceedings 6.Paderborner Workshop Augmented & Virtual Reality in der Produktentstehung, HNI-Verlagsschriftenreihe Band 209, Paderborn 2007
- CIM-07 cimmetry. <http://www.cimmetry.com/de/index.html>; Zugriff: 23.Juli 2007
- DIE-99 Dietrich, Th.: Plot-Management in heterogenen Unternehmens-Netzwerken. CAD/CAD-Report 18 (1999) 10
- DIS-07 Dieckmann, Chr.; Fuchs, S.: JT-basierter DMU in der Truck Group. Vortrag auf EDM/CAE-Forum "Integration for Cooperation", Stuttgart 18.-19.07.2007
- EON-07 EON reality: <http://www.eonreality.com>. Homepage der EON reality Inc.; Zugriff: 26.Juli 2007
- FHG-06 Autorenkollektiv: Evaluation of new VR related technologies. INFORMATION SOCIETY TECHNOLOGIES (IST) PROGRAMME; Bericht 2006
- FSS-05 Fichtner, D.; Schöne, Chr.; Schreiber, S.: 3D-digitising and reverse engineering, aspects of production engineering. Bartolo, P.J. et al.: Virtual Modeling and Rapid Manufacturing; Proceedings of the 2nd International Conference on advanced research and rapid prototyping 28.09.-01.10.2005 Portugal, Leira; London, Taylor&Francis 2005
- GCA-05 Gamito, P.; Caetano, Y.; Arayici, Y.; Hamilton, A.: 3D laser scanner technology: Building data integration system. Bartolo, P.J. et al.: Virtual Modeling and Rapid Manufacturing; Proceedings of the 2nd International Conference on advanced research and rapid prototyping 28.09.-01.10.2005 Portugal, Leira; London, Taylor&Francis 2005
- GRV-06 Grieves, M.: Product Lifecycle Management. New York: McGraw-Hill 2006
- HAS-04 Hartmann, G.; Schmidt, U.: mySAP Product Lifecycle Management. Bonn: Galileo Press 2004
- HOU-07 Hoyer, J.; Uhl, Chr.: Virtuelle Caly-Modellierung. Technik in Bayern (2007) 4

- HWP-98 Hewlet-Packard: DirectModel Specification. Hewlet-Packard Company Eigendruck 1998
- ICI-07 ICIDO: <http://www.icido.de/de>; Homepage der ICIDO GmbH; Zugriff: 26.Juli 2007
- ISO-96 ISO: Virtual Reality Modeling Language Specification. Version 2.0, ISO/IEC WD 14772; 4. August 1996
- JTO-07 jtopen: <http://www.jtopen.com>; Zugriff: 23.Juli 2007
- JUN-05 Junge, V.; Rimkus, Chr.: Produktvisualisierung am Beispiel des A380: Herausforderungen an die Datenqualität bei einer DMU Lösung. ProSTEP iViP Symposium Berlin 20./21. April 2005
- KAL-06 Kalender, W.A.: Computertomographie. Grundlagen, Gerätetechnologie, Bildqualität, Anwendungen. Publicis Corporate Publishing, 2006
- LAC-99 Lacour, F.: Im Vorteil durch virtuelle Produktentwicklung und Digital-Mock-Up. CAD/CAM-Report 18 (1999) 10
- LAM-07 Ladeck, R.; Muschiol, M.: PLM im Kraftwerksbau. Tagungsunterlage zur PLM life live 2007
- LÜA-07 Lüddemann, J.; Andersch, L.: DMU Monitoring und Berichtswesen. Vortrag auf EDM/CAE-Forum "Integration for Cooperation", Stuttgart 18.-19.07.2007
- MMW-06 Müller-Mernack, R.; Wächter, U.: PDF/A - ein Standard für die Datenarchivierung. CAD/CAM-Report 25 (2006) 2
- NIK-00 Nikol, G.: Viewer sind mehr als Visualisierungswerkzeuge. EDM-Report 6 (2000) 4
- NIK-06 Nikol, G.: Einsparungspotentiale durch konsequente Nutzung von Visualisierungstechnologien quer über alle Geschäftsprozesse. Proceedings ProSTEP iViP Symposium, Köln, 2006
- NIK-98 Nikol, G.: Viewer für EDM-Systeme-Die Anforderungen werden meist unterschätzt. EDM-Report 4 (1998) 1
- NIK-99 Nikol, G.: Viewer – wohin geht die Entwicklung. EDM-Report 5 (1999) 3
- PHD-03 Pham, D.T.; Dimov, S.S.: Rapid Manufacturing – technologies and applications. Proc. International Conference on Manufacturing Automation; Prof. Engg. Pub. 2003
- PUE-07 Pütz, O.: JT based Digital Engineering Visualization. Vortrag auf EDM/CAE-Forum "Integration for Cooperation", Stuttgart 18.-19.07.2007
- PUM-07 pumacy: http://www.edmpdm.de/plm_glossar/data_capturing.htm; Service der Pumacy Technologies AG; Zugriff: 26.Juli 2007
- RAT-06 Ratkovic, D.; Stork, A.: Functional DMU - Anforderungen und Zielsetzung hinsichtlich Integration, Simulation und Visualisierung. Proceedings ProSTEP iViP Symposium Köln 2006
- SAS-08 Saske, Bernhard: Augmented Reality in der Instandhaltung - Konzept zur effizienten Nutzung und Integration in das PLM. München: Verlag Dr. Hut, 2008
- SCN-08 Schöne, Chr.: Reverse Engineering für Freiformflächen unter dem Einfluss der Informationstechnik. Habilitationsschrift, TU Dresden, 2008

- SHA-01 Shaw, J.: A user's manual. Eine Gebrauchsanweisung. From Expanded Cinema to Virtual Reality. Hatje Cantz Verlag 2001
- SMR-97 Smith, P.G.; Reinertsen, D.G.: Developing Products in Half the Time. John Wiley & Sons Inc. 1997
- SPI-07 spicer: <http://www.spicer.com>; Zugriff: 23.Juli 2007
- STE-03 Stelzer, R.; Saske, B.; Steger, W.: Effiziente Wartung komplexer Systeme mittels Augmented Reality. Proceedings zu 1. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, Bad Doberan 2003
- STE-07 Stelzer, R.; Steger, W.: Prozessintegration eines integrierten CAD-VR-Arbeitsplatzes. Proceedings zu 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, Dresden 2007
- TTF-07 ttf-group: <http://www.ttf-group.com/US/indexus.htm>; Zugriff: 23.Juli 2007
- W01-07 wiki: <http://de.wikipedia.org/wiki/DICOM>; Eintrag in der freien Enzyklopädie Wikipedia; Zugriff: 26.Juli 2007

8 Integrationen

Die PLM-Lösung bildet das Rückgrat des Datenbackbones eines Unternehmens und ist damit eingebettet in ein Netz komplexer Informationsbeziehungen. Diese bestehen sowohl zwischen den verschiedenen unternehmensinternen Applikationen als auch unternehmensübergreifend zwischen den verschiedenen PLM-Lösungen der am Produktentstehungsprozess beteiligten Partner. Unternehmensinterne und unternehmensübergreifende Datenflüsse unterliegen dabei unterschiedlichen Anforderungen und Restriktionen und nutzen unterschiedliche technische Lösungen. Softwarekomponenten, welche die Schnittstellen der PLM-Komponenten an diese unterschiedlichen Applikationen bereitstellen, werden Integrationen genannt. Deren Funktionalität und Architektur hängt von den konkreten Nutzerforderungen ebenso ab, wie von der Spezifik der Applikationen und soll im vorliegenden Kapitel ausführlich besprochen werden. Wegen deren besonderer Bedeutung wird dabei schwerpunktmäßig auf die Anforderungen der Integration mechanischer CAD-Systeme eingegangen.

8.1 Bedeutung von Integrationen

Der Produktentstehungsprozess ist heute ohne das arbeitsteilige Zusammenwirken von Teams der unterschiedlichsten Abteilungen, von der Produktstrategie, der Entwicklung und der Produktion über den Service, das Marketing und den Vertrieb bis zur Verwaltung völlig undenkbar. Alle Bereiche setzen dabei eine große Zahl an sehr unterschiedlichen IT-Anwendungen ein, welche auch sehr unterschiedliche Sichten auf die Produktdaten repräsentieren. Die Verfügbarkeit konsistenter Daten und ein zwischen allen Beteiligten abgestimmter Prozess, welcher regelt, wer wann wo und in welcher Form Daten erzeugen, ändern und nutzen darf, ist die Voraussetzung eines funktionsfähigen Gesamtsystems.

In diesem Kontext besteht die Aufgabe einer PLM-Lösung darin, die Verfügbarkeit und Konsistenz der Daten zu sichern. In Anbetracht der Zahl beteiligter Applikationen kann es nicht die Aufgabe sein, die Datenbestände selbst zu erzeugen bzw. zu ändern. Zum Einsatz kommen dabei unterschiedliche Lösungen (vgl. Kap. 3). Neben den sehr eng an die Erzeugersysteme gebundenen Team Data Managementsysteme sind dies die jeweils relevanten PLM-Komponenten, zu denen Integrationen aufgebaut werden (vgl. auch Abb. 3–9). Dabei stehen für CAD-Systeme (auf die in diesem Kapitel besonders einge-

gangen wird) die unterschiedlichen möglichen Integrationsarten zum PDM-System als eine Kernkomponente jeder PLM-Lösung im Mittelpunkt.

Integrationen bilden die Schnittstelle zwischen den jeweiligen Applikationen und dem Verwaltungssystem. Sie sorgen dafür, dass die erzeugten Datenbestände sicher im PLM-Backbone abgelegt und auf Abruf wieder performant zur Verfügung gestellt werden. So stellen CAD-Integrationen dem PDM-System alle für die Speicherung erforderlichen Metadaten zur Verfügung. Beachtet werden muss insbesondere, dass die Daten vieler Applikationen nicht direkt auswertbar sind, da sie in einem nativen Format vorliegen. Von einem *nativen File-Format* spricht man, wenn der Hersteller eines Programms die Daten so abspeichert, dass diese nicht über standardisierte, herstellerunabhängige Prozeduren ausgewertet werden können. Die meisten CAD-Systeme arbeiten in dieser Form. Insbesondere die Forderung nach hoher Performance sowie die Notwendigkeit sehr komplexe Zusammenhänge in komprimierter Form abzulegen, machen das in den meisten Fällen unabdingbar. Leider können diese Daten nicht direkt ausgewertet werden. So ist es von außen nicht möglich Informationen über Strukturzusammenhänge (Welches Einzelteil ist in welcher Baugruppe verwendet?) abzufragen oder Texte in die Zeichnungsrahmen von Drawings einzuschreiben. Solche Funktionen können vom Anwender lediglich im Dialog mit dem CAD-System selbst bearbeitet werden.

Andere Applikationen nutzen für ihre Datenverwaltung unabhängige Datenbanken, wie ORACLE oder SQL*Server. Im Grunde genommen könnte man in diesem Fall die Auswertung der enthaltenen Daten über standardisierte Zugriffsmethoden, wie der Abfragesprache SQL, durchführen. Allerdings liegen die Daten in einer Vielzahl verschiedener Tabellen und sind komplex miteinander verknüpft. Diese für eine sinnvolle Arbeit mit diesen Daten unverzichtbare Logik ist nur teilweise aus der Datenbank ableitbar. Große Teile davon hat der jeweilige Hersteller in den Zugriffsfunktionen abgelegt. Auch muss man bedenken, dass es jederzeit möglich ist, dass sich das zugrunde liegende Modell ändert. Dann führen alle Zugriffe, die direkt mit Datenbankmitteln durchgeführt werden, zu Fehlern. Kein Systemanbieter wird es deshalb zulassen, dass fremde Applikationen auf diesem Weg arbeiten. In beiden Fällen bleibt, wenn man mit den Datenbeständen der Applikationen arbeiten und diese auswerten will, nur der Weg über die angebotenen Zugriffsfunktionen. Die Nutzung dieser als *Application Programming Interface* (API) bezeichneten Schnittstellen setzen meist umfangreiche Programmiererfahrungen voraus und sind deshalb keinesfalls ein Hilfsmittel für den normalen Anwender. Erschwerend kommt hinzu, dass die API's genau so „native“ sind, wie die Organisationsformen der zugrunde liegenden Datenbestände.

PLM-Lösungen setzen mit ihren Integrationen auf diese Schnittstellen auf und bieten damit Verbindungen zu den meisten gängigen Programmsystemen an, die es erlauben die entsprechenden Daten gemeinsam im PLM-Backbone zu organisieren und zwischen den verschiedenen Systemen auszutauschen.

8.2 Architektur von Integrationsplattformen

Die Anfangszeit der Produktdatenverwaltung (Mitte der 80er bis Mitte der 90er Jahre) war durch recht einfache und überschaubare Konzepte gekennzeichnet. Zwischen den Autorensystemen (damals im wesentlichen die mechanischen CAD-Systeme) auf der einen und den ERP-Systemen auf der anderen Seite kamen PDM-Systeme von meist neutralen Anbietern zum Einsatz. Beispiele dafür waren solche Systeme wie *axalant*®, *CimDatabase*®, *Metaphase*® oder *Matrix One*®. Daneben entstanden speziell in der Automobilindustrie auch mehrere bedeutende Eigenentwicklungen (*PRISMA* bei BMW, *SMARAGD* bei Daimler, *KVS* bei Volkswagen).

Die Integration der Applikationen war in diesen Konstellationen noch recht einfach (Abb. 8–1). Sie lies sich zumeist auf dokumentenorientierte Daten zwischen CAD und PDM sowie materialdatenorientierte Daten zwischen PDM und ERP reduzieren.

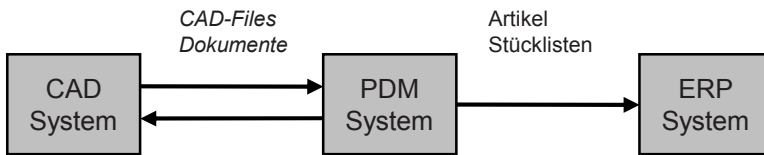


Abb. 8–1 Beispiel einer traditionellen Integrationsumgebung

Nachdem sowohl Anwender als auch CAD- und ERP-Systemanbieter die strategische Bedeutung der PDM-Systeme erkannten, wurden zunehmend PDM-Funktionen auch direkt auf CAD-Seite sowie als Modul im ERP-System angeboten. Beispiele dafür waren *Pro/Intralink*® zum CAD-System *Pro/Engineer* von PTC (das System ist heute Bestandteil der Windchill-PLM-Lösung mit *Windchill PDMLink* als leistungsstarker zentraler Komponente) oder *SAP/DVS*® zu R3 von SAP (heute aufgegangen in mySAP PLM). Diese Entwicklung hatte zur Folge, dass zum einen die ursprünglich recht einfach zu überblickende funktionale Abgrenzung der Verwaltungsfunktionen zwischen den einzelnen Systemen schwieriger wurde. Zum anderen war damit verbunden, dass die Zahl und Komplexität der möglichen Integrationen zunahm.

Aus technisch-funktionaler Sicht sind, wie bereits in Kap. 3 beschrieben wurde, besonders vier Schichten interessant. Zum einen sind quasi am Anfang der Informationskette die zu integrierenden *Autorensysteme* zu finden, die je nach der betreffenden Domäne der Applikation unterschiedliche Dokumente und Datenstrukturen bereitstellen. In der zweiten Schicht haben sich *Team*

¹ ehem. von Eigner+Partner AG; heute weiterentwickelt als ORACLE agile e6 vertrieben

² von CONTACT Software GmbH

³ ehem. von Metaphase Technology, Inc.; heute als TeamCenter Enterprise von SIEMENS PLM Software vertrieben

⁴ ehem. von Adra Systems; heute Enovia MatrixOne unter Dassault Systèmes S.A.

Data Management Systeme etabliert, die sich durch eine besondere Nähe zu den jeweiligen Autorensystemen auszeichnen.

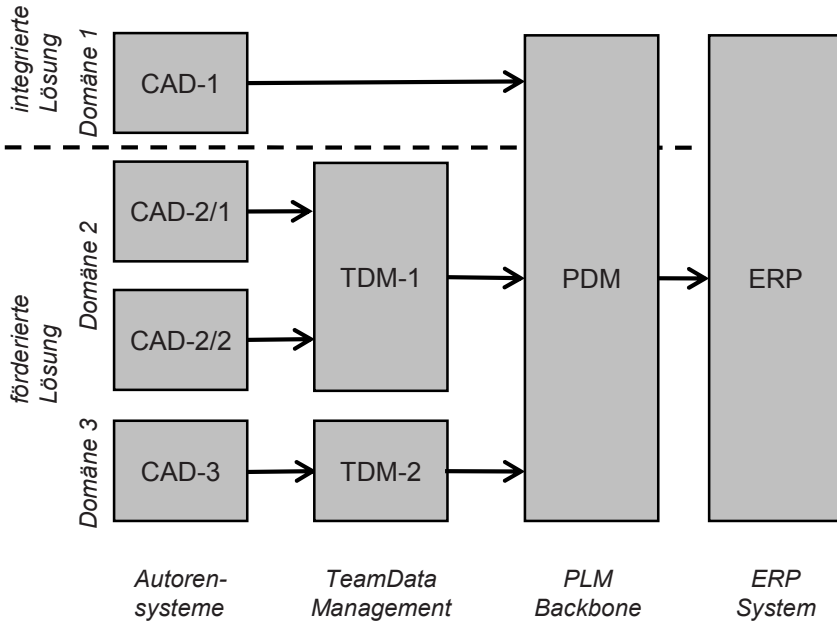


Abb. 8–2 Integrationen im vierstufigen PLM-Konzept

Diese werden i. d. R. direkt vom Anbieter des jeweiligen CAD-Systems bereitgestellt und sind vor allem auf die Unterstützung von Arbeitsgruppen, nicht jedoch auf das unternehmensweite Management der Produktdaten ausgerichtet. Sie zeichnen sich zumeist durch eine besonders tiefe Integration zum jeweiligen CAD-System aus. In der nächsten (dritten) Schicht findet man nunmehr den zentralen *PLM-Backbone* mit der *Managementkomponente PDM*. Dieser ist weitgehend CAD-System unabhängig und darauf ausgerichtet, die domänenspezifischen Daten zusammenzuführen und sie unternehmensweit bereitzustellen. Er stellt die Brücke zu den produktionsrelevanten ERP-Systemen dar. Die vierte Schicht enthält die Verwaltungs- und Managementfunktionen der *ERP-Systeme*. Im Rahmen einer PLM-Lösung gibt es darüber hinaus natürlich eine Vielzahl weiterer Applikationen, die für die unterschiedlichen Teams innerhalb des Unternehmens (Marketing, Vertrieb, Qualitätssicherung, ...) oder auch für die Zusammenarbeit mit Zulieferern und Kunden (SCM⁵, CRM⁶) Zugriff auf die Produktdaten benötigen. Schaut man sich heute die Situation auf dem Markt an, so befinden sich fast alle bedeutenden unabhängigen PDM-Systeme der Vergangenheit in den Händen von CAD- bzw. ERP-Anbietern. Speziell die größeren CAD-Anbieter stellen damit nun TDM-

⁵ Supply Chain Management

⁶ Customer Relation Management

als auch PDM-Systeme bereit. Etwas anders verhält es sich auf ERP-Seite. Diese Systeme sind dadurch gekennzeichnet, dass die entsprechenden Datenmodelle eine enge Verzahnung mit anderen Komponenten und Modulen der ERP-Systeme aufweisen. In [SHU-06] wird beschrieben, wie ERP-Systeme als Bestandteil des Product Lifecycle Management angesehen werden können.

Aus dieser Konstellation ergibt sich eine große Vielfalt möglicher Integrationslösungen. Das Integrationskonzept einer PLM-Architektur wird nachdrücklich davon geprägt, welche der genannten Systemebenen (TDM, PDM, ERP) zum Einsatz kommen und wie die Funktionalität zwischen diesen verteilt ist (Abb. 8–2).

Grundlegend unterscheidet man dabei den integrierten Ansatz vom föderierten System. Die *integrierte Lösung* basiert auf einem zentralen PDM-System. Dieses stellt Direktkopplungen zu allen relevanten Applikationen bereit, verwaltet alle Produktdaten und steuert zentral alle wichtigen Prozesse.

Im Unterschied dazu steht der *föderierte Ansatz*. Dieser wird auch „best-of-breed“-Ansatz genannt. Er geht von der lokalen Nutzung spezieller, auf die jeweiligen Autorensysteme optimal abgestimmter TDM-Systeme aus. Insbesondere bei sehr komplexen Gesamtsystemen, die z. B. durch die Nutzung einer Vielzahl unterschiedlicher Autorensysteme und verteilt arbeitende Nutzergruppen gekennzeichnet sind, lassen sich so transparente Informationsflüsse aufbauen. Dies ist besonders interessant, wenn Autorensysteme aus verschiedenen Domänen, wie elektrisches und mechanisches CAD, einbezogen werden sollen. Ein föderiertes Konzept ist damit nur funktionsfähig, wenn neben den bereits angesprochenen Applikationsintegrationen auch Kopplungen zwischen den Verwaltungssystemen selbst verfügbar sind. Darauf wird später nochmals ausführlich eingegangen. Unabhängig von der gewählten Architektur ist heute zur Übergabe der produktionsrelevanten Daten eine Kopplung an das ERP-System unverzichtbar. Da auch zwischen den PLM-Lösungen und den ERP-Systemen keine klar vorgegebene Trennung bzgl. der Produktdaten besteht, wird in Kap. 8.6 auf praktische Konzepte der Anbindung näher eingegangen. Das Zusammenwirken jedes Managementsystems mit einem Autorensystem ist auf verschiedenen Wegen möglich. Diese unterscheiden sich vor allem durch:

- die Tiefe der Einbindung in den Dialog des Ursprungssystems;
- die Möglichkeit Abläufe des Ursprungssystems direkt zu kontrollieren.

Üblich sind in einer PLM-Lösung die folgenden Formen der Anbindung von CAD-Systemen an TDM- bzw. PDM-Systeme:

- *Launching*
Dies ist die einfachste Form der Anbindung (Abb. 8–3). Dabei ermöglicht das PDM-System lediglich, dass der Anwender vom PDM-System aus das zu einem Dokument gehörende File auscheckt, das zugehörige Erzeugersystem startet und das File in das

System lädt. So kann der Anwender sich bei der Recherche voll auf die hochleistungsfähigen Recherchefunktionen des PDM-Systems konzentrieren. Die Kenntnis des zum jeweiligen Dokument gehörenden File-Formats und damit auch des benötigten Bearbeitungssystems ist für ihn nicht notwendig. Dies ist eine für die Arbeit mit dem Verwaltungssystem sehr wichtige Forderung. So ist es heute selbst bei recht einfachen Dokumenten nicht mehr ohne weiteres möglich, auf das verwendete Erzeugersystem zu schließen. Eine einfache Tabelle kann, ohne dass man dies dem gedruckten Dokument ansieht, mit einer Tabellenkalkulation (z. B. MS-EXCEL[®]), einer Textbearbeitung (z. B. MS-WORD[®]) oder auch einem Grafikprogramm (z. B. MS-POWERPOINT[®]) erzeugt worden sein.

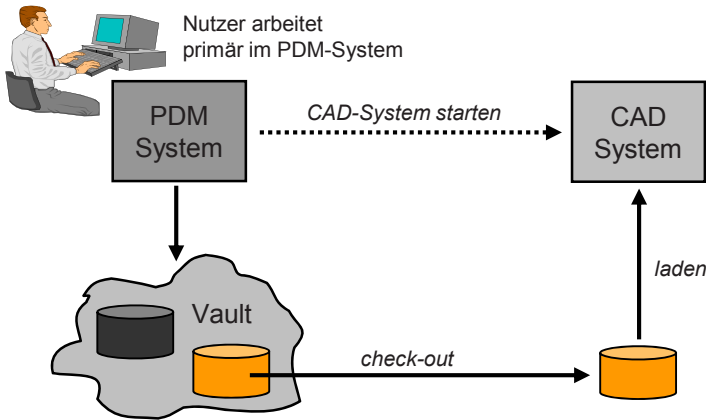


Abb. 8-3 Launching von Applikationen

- *Kopplung*

Man spricht von einer Kopplung, wenn das PDM-System durch Nutzung der API des Erzeugersystems Zugriff auf die internen Informationen der jeweiligen Daten (in den Files der CAD-Systeme ebenso, wie in den Datenbankstrukturen eines ERP-Systems) hat. Abbildung 8-4 zeigt das Prinzip einer Kopplung. Damit ist es dann möglich, die von der externen Applikation erzeugten Daten auszuwerten (z. B. Strukturen einer Assembly für die Erzeugung einer Stückliste) oder auch Daten zu ändern (Einschreiben von Zeichnungskopfdaten). Erst Kopplungen lassen die Rückspeicherung von Daten in das PDM-System zu. Bei Kopplungen werden alle im CAD-System benötigten Funktionen, wie „Lade Dokument“, „Speichern“ usw., als Menüpunkte angeboten.

- *Integrationen*

Integrationen sind die höchste Form der Verbindung zweier Sys-

teme. Neben den schon bei Kopplungen verfügbaren Menüfunktionen bieten Integrationen weitergehende Dialogformen an [STE-97]. Dazu zählt z. B. die Einbindung von PDM-Informationen in die grafischen Funktionen des CAD-Systems, wie den Strukturbrowser. Weiterhin werden von der Integration Ereignisse, die in der externen Applikation auftreten, direkt behandelt. Ein solches Ereignis ist z. B. ein auftretender Fehler beim Versuch auf ein File zuzugreifen, das lokal nicht (mehr) verfügbar ist. Dieser Fehler kann dann von der Integration abgefangen werden und zum automatischen auschecken des benötigten Files aus dem PDM-System führen. Integrationen stellen damit das für den Anwender höchste Niveau der Nutzung von PDM-Funktionen in seinem verwendeten Erzeugersystem dar. Er kann sich voll auf die ihm vertraute Benutzungsoberfläche konzentrieren ohne dabei auf die PDM-Funktionen zu verzichten. Evtl. Fehlerzustände können weitreichend behandelt werden. In Abb. 8–5 ist diese dritte Möglichkeit dargestellt.

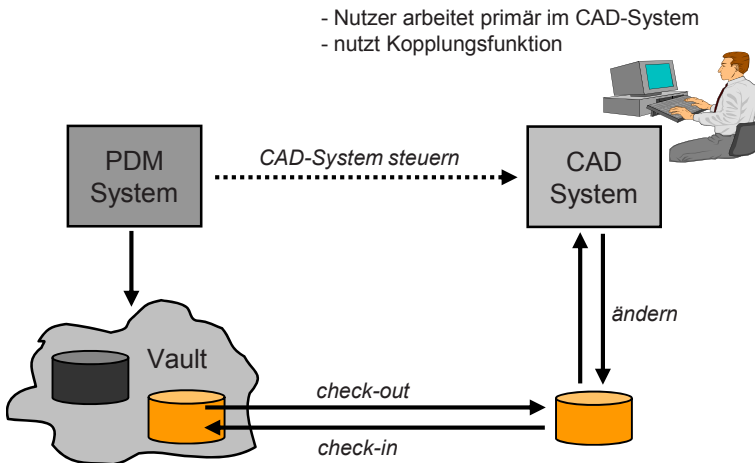


Abb. 8–4 Koppeln von Applikationen

Angemerkt sei an dieser Stelle, dass umgangssprachlich oft nicht zwischen Integrationen und Kopplungen sauber unterschieden wird. Dies hat verschiedene Ursachen. So ist der Anspruch an die Bindung zwischen den Systemen teilweise recht unterschiedlich. In vielen Fällen ist eine sehr tiefe Integration gar nicht notwendig. Auch die Tiefe der Integrationen ist, bedingt sowohl durch die Spezifikation der Entwicklung als auch die vom Erzeugersystem bereitgestellten Möglichkeiten, recht unterschiedlich. Viele Integrationen besitzen z. B. keine Behandlung von Systemereignissen der Erzeugersysteme, weil diese dazu gar keine Schnittstellen offenlegen. In den weiteren Ausführungen soll deshalb begrifflich zwischen Kopplung und Integration nicht mehr

weiter besonders unterschieden werden. So, wie Integrationen einerseits auf die verfügbaren Schnittstellenfunktionen der Applikation angewiesen sind, stellen auch die PDM-Systeme unterschiedliche technische Möglichkeiten zur Verfügung.

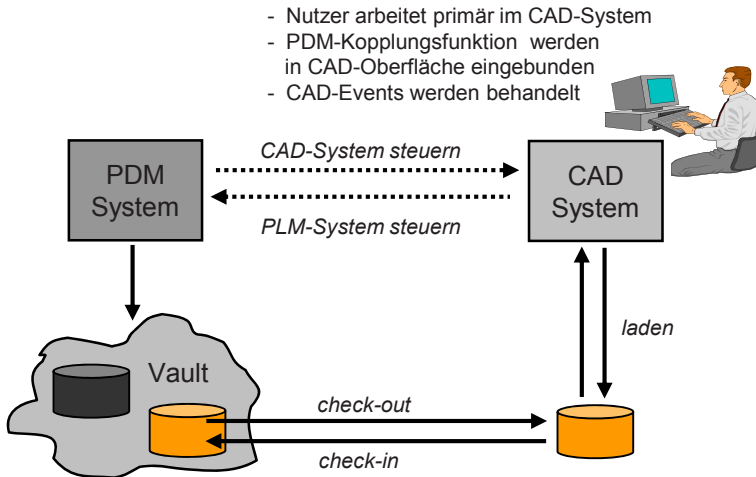


Abb. 8-5 Integration von Applikationen

Vor allem bei Integrationen wird häufig angestrebt, dem Nutzer das Gefühl zu geben, den gesamten erforderlichen Dialog komplett innerhalb der externen Applikation durchführen zu können. Es sollen dann spezielle an das user-interface der Applikation adaptierte Masken angeboten werden und unnötige Eingaben vermieden werden. Die Kopplungen sind dazu auf sog. *dunkle Schnittstellen* der Verwaltungssysteme angewiesen. Diese stellt in einer für die Kopplungsentwicklung vorgesehenen Bibliothek dann einen ausreichenden Satz Funktionen bereit, die keinerlei eigenen Dialog enthalten. Auch für ggf. erforderliche Batch-Funktionen eignet sich ein derartiger Zugriff.

Eine weitere Möglichkeit besteht in solchen Schnittstellen, die einen mit der zuvor beschriebenen dunklen Schnittstelle vergleichbaren Funktionsumfang anbieten, allerdings für die erforderlichen Ein- und Ausgaben direkt die bereits im Verwaltungssystem vorgesehenen Dialogmasken anbietet. Dem Nachteil eines nicht mehr vollständig frei gestaltbaren Ablaufes stehen die einfachere (und damit zumeist preiswertere) Entwicklung sowie die recht hohe Sicherheit bzgl. möglicher Fehleingaben entgegen. SAP bietet eine derartige Schnittstelle mit der Dialog-RFC⁷-Schnittstelle an.

Um die Arbeit vor allem mit großen Baugruppen weiter zu vereinfachen und den erforderlichen Dialogaufwand noch weiter zu senken, bieten einige PDM-Systeme komplette Client-Oberflächen mit angepassten Funktionen zur Massenverarbeitung von Modellstrukturen, check-in/check-out-Funktionen

⁷ Remote Function Call

einschließlich Konfliktmechanismen an. Ein Vorteil der unter Nutzung derartiger Integrations-Oberflächen entwickelten Kopplungen ist auch, dass diese für unterschiedliche Applikationen weitgehend einheitliche Schnittstellen ergeben. Als ein bekanntes Beispiel sei hier auf den CAD-Desktop der Firma SAP verwiesen (Abb. 8–6).

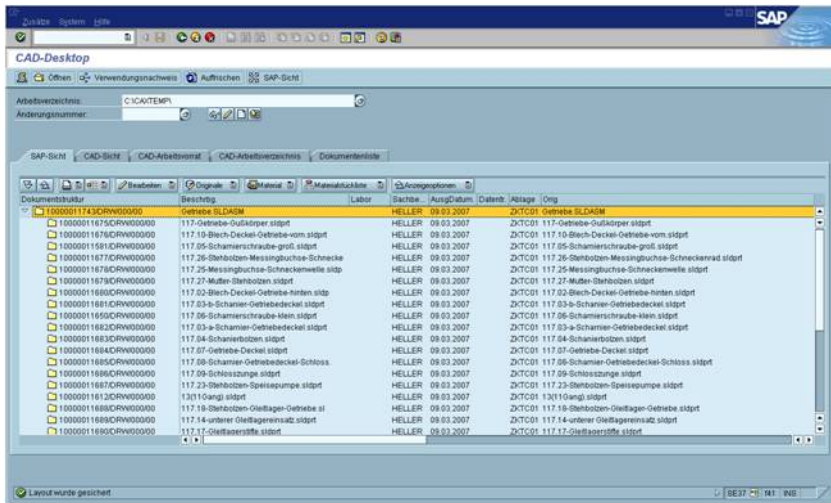


Abb. 8–6 CAD-Desktop von SAP (Quelle: SAP AG)

Über diese Oberfläche stehen dem Anwender unmittelbar eine Vielzahl von vorkonfigurierten Sichten und Funktionen bereit. Während im unteren Listenbereich eine Übersicht der verfügbaren Dokumente angeboten wird, kann der Nutzer über die darüber liegenden Reiter und Funktionsbutton ergänzende Informationen und Abhängigkeiten abfragen.

Jedes Unternehmen hat an die zu verwaltenden Daten sowie insbesondere an die beim Ablegen und Aufrufen von Files für die externen Applikationen benötigten Funktionen und Prozessabläufe spezifische Anforderungen. Aus diesem Grund besteht bei jeder höherwertigen Integration die Möglichkeit, diese an die besonderen Anforderungen anzupassen. Innerhalb des Customizings kann so z. B. festgelegt werden

- welche Files abgelegt werden;
- zu welchen Zeitpunkten bzw. bei welchen Ereignissen dies geschieht;
- welche Metadaten in welchen für Verwaltungssysteme spezifischen Formaten verwendet werden;
- welche zusätzlichen Funktionen in welcher Reihenfolge abgearbeitet werden sollen.

Bei Bedarf kann man in die Funktionsabläufe einer derartigen Integration auch eigene Spezialfunktionen einbinden.

Ursprünglich waren Integrationen typische 1:1-Verbindungen zwischen einem Autorensystem und einem zugeordneten Verwaltungssystem. Man muss jedoch berücksichtigen, dass in einem Unternehmen eine große Anzahl an zu integrierenden Applikationen im Einsatz ist. Darüber hinaus ist es durchaus auch erforderlich, die verschiedenen Applikationen mit unterschiedlichen TDM- oder PDM-Systemen zu koppeln. In einem derartigen Kontext stoßen diese individuellen Lösungen heute schnell an ihre Grenzen. Zum einen ist es für Nutzer, die ja durchaus mit mehreren Anwendersystemen arbeiten müssen, sehr unschön, wenn diese mit den teilweise sehr unterschiedlich gestalteten Integrationsoberflächen arbeiten müssen.

Zum anderen erfordert auch das Management der verschiedenen Integrationen einen hohen Mehraufwand beim Anwender. Besonders attraktiv sind deshalb sog. Integrationsplattformen, die bei einer weitgehend einheitlichen Nutzeroberfläche und einem zentralen Prozessmanagement die Integration zu einer großen Zahl unterschiedlicher externer Applikationen sowie zu unterschiedlichen Verwaltungssystemen gestatten (Abb. 8–7).

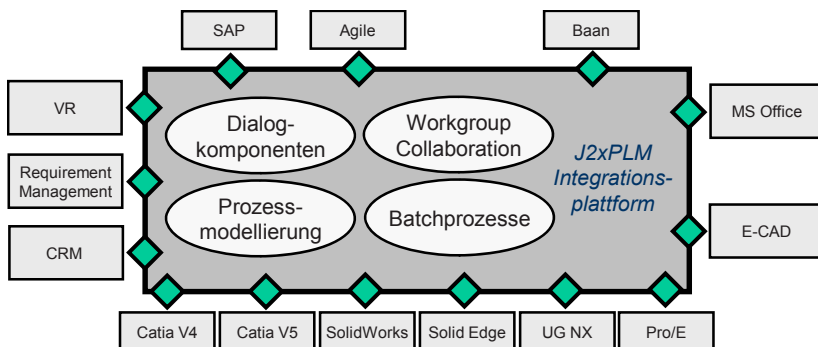


Abb. 8–7 Integrationsplattform am Beispiel J2xPLM (Quelle: xPLM GmbH)

Dabei sind die jeweiligen Dialogkomponenten natürlich den Autorensystemen angepasst. Doch ist eine weitgehend einheitliche Arbeitsweise der Integrationen garantiert. Außerdem stehen weitere wichtige Komponenten zentral zur Verfügung. Dazu gehören konfigurierbare batch-Funktionen. Diese stehen allen Integrationen zur Verfügung um z. B. automatisch und im Hintergrund native File-Formate in neutrale Repräsentationen wie VRML, JT oder PRC⁸ umzuwandeln. Schließlich bieten derartige Plattformen auch leicht einbindbare Visualisierungswerkzeuge an, die bei der Handhabung großer und komplexer Strukturen eine große Hilfe sind.

⁸ hochkomprimiertes 3D-Modellformat; Bestandteil der Acrobat-Suite (Adobe)

8.3 Integrationen von Autorensystemen

8.3.1 Systemüberblick

Moderne Produkte haben einen ausgeprägt mechatronischen Charakter. Die Integration von Autorensystemen umfasst damit heute neben den klassischen mechanischen CAD-Systemen ganz selbstverständlich auch Systeme, die auf spezielle Branchen zugeschnitten sind (z. B. den Anlagenbau), sowie Systeme zur Entwicklung elektrischer und elektronischer Komponenten und von Software oder zur Bearbeitung der Produktdokumentation (Abb. 8–8).

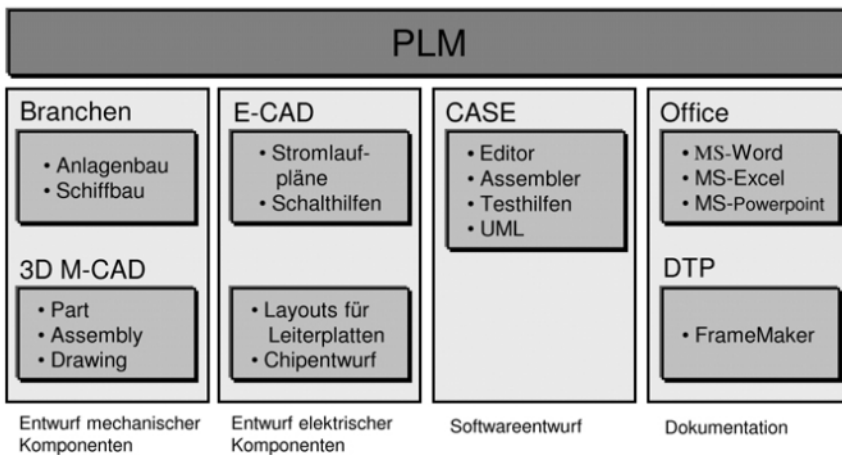


Abb. 8–8 Autorensysteme im PLM-Umfeld

Die funktionellen Anforderungen an diese Systeme sind aus Sicht der Nutzer natürlich sehr unterschiedlich. Damit ergeben sich zwar auch unterschiedliche Modellkomponenten, doch lassen sich diese aus Sicht eines PDM-Systems relevanten Objekte und Prozesse zum großen Teil auf eine Reihe sehr ähnlicher Grundelemente zurückführen (Abb. 8–9):

- **Bibliotheken**

In allen Fällen wird auf Komponenten zurückgegriffen, die der Entwickler nicht in Abhängigkeit einer konkreten Aufgabe neu schafft oder verändert. Es sind dies Sammlungen allgemein genormter oder von einem Anbieter bereitgestellter Objekte. Im Bereich der mechanischen Konstruktion spricht man von Norm- und Kaufteilen, bei der elektrischen Entwicklung wird mit Symbolbibliotheken und bei der Softwareentwicklung mit Softwarebibliotheken gearbeitet. Das PDM-System muss Funktionen bereitstellen, die Referenzen auf diese Objekte zulassen, ohne dass diese

bei mehrfacher Verwendung in verschiedenen Produkten ggf. mehrfach gespeichert werden.

- **Konstruktionsobjekte**

Im Rahmen jeder Entwicklung entstehen natürlich auch projektspezifische Objekte. Diese können völlig neu entworfen werden (neue Teile in der mechanischen Konstruktion, neuer Code bei der Softwareentwicklung) oder auch durch Kombination von Bibliotheksobjekten entstehen (Baugruppen in der mechanischen Konstruktion).

- **Strukturen**

Die Produkte aller Domänen sind hierarchisch aufgebaut. Die Zugehörigkeit von Komponenten zu bestimmten Teilprodukten und die Beschreibung der gesamten Struktur muss im PDM-System abgelegt werden. Nur damit ist es möglich, Komponenten mehrfach zu verwenden und das komplette (Teil-)Produkt zusammenzustellen. Unterschiedlich ist das Verständnis der Nutzer bzgl. derartiger Strukturen. Während im mechanischen und elektrischen Umfeld von Stücklisten die Rede ist, spricht man bei Softwaresystemen zumeist von Architekturbeschreibungen.

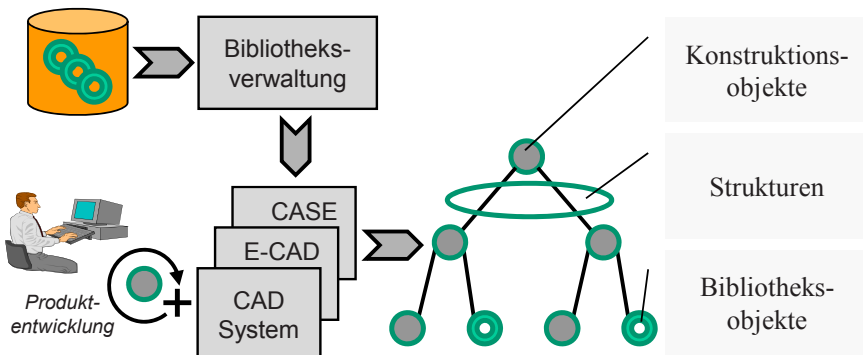


Abb. 8–9 Grundobjekte und Funktionen in PDM-Integrationen

Daneben gibt es natürlich auch viele signifikante Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Domänenmodellen. Dies betrifft die Wertigkeit von Funktionsmodellen (äußerst wichtig in der Elektrik (Schaltpläne) oder der Softwareentwicklung (UML⁹), in der mechanischen Konstruktion heute noch wenig beachtet) oder auch die Art der benötigten Metadaten im PDM-System.

Aus funktioneller Sicht ergeben sich für Integrationen unabhängig der Erzeugersysteme vor allem zwei wichtige Anforderungen (Abb. 8–10):

- **Datenorganisation**

Die von der externen Applikation erzeugten Daten in Form von

⁹ Unified Modeling Language

Files sind zu analysieren und im PDM-System abzulegen bzw. aus diesem wieder zur Verfügung zu stellen. Das betrifft:

- alle erzeugten Files (z. B. einzelne Teilegeometrien, Schaltpläne, Softwaremoduln);
- die zwischen diesen Files bestehenden logischen Beziehungen (z. B. Assemblystrukturen in mechanischen Modellen);
- die innerhalb eines Files relevanten Elemente (z. B. Platzhalter für die Einbindung von Datenbankinformationen in Zeichnungen; Referenzen auf Bibliothekssymbole);
- die sich ergebenden Metadaten (z. B. Benennungen, Nummern usw.).
- **Prozessabläufe**
Dazu gehören alle Funktionen, die den Ablauf der Prozesskommunikation festlegen, wie
 - Laden,
 - Speichern,
 - Ableiten von Metadaten,
 - mit der Speicherung verbundene Freigaben und Änderungen,
 - erforderliche Konvertierungen.

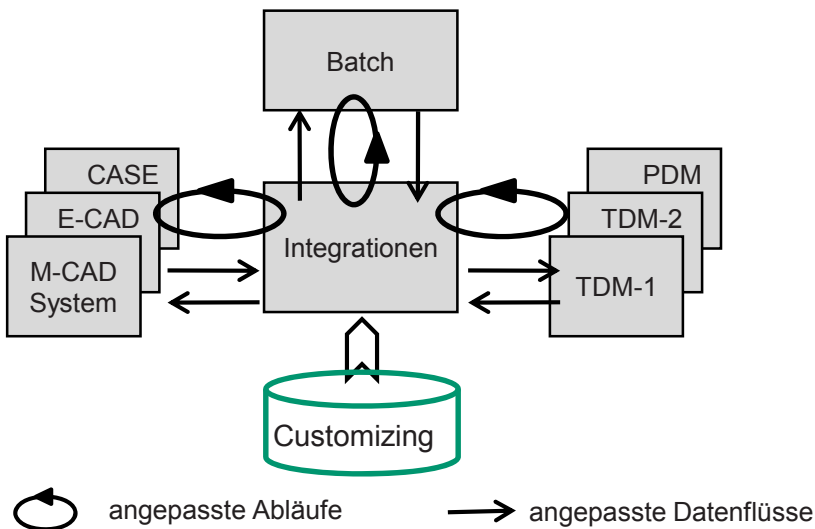


Abb. 8–10 Daten und Prozesse bei der Integration von Autorensystemen

Weiterhin bieten vor allem Integrationsplattformen heute auch zusätzliche Servicefunktionen an. Dazu gehört das Management von Batchprozessen, die vor allem für erforderliche Konvertierungen (z. B. zu neutralen Übergabeformaten) benötigt werden. Auf Grund der teilweise sehr komplexen Abläufe,

wie sie innerhalb von Integrationen benötigt werden, ist eine lösungsneutrale Lösung auf hohem Niveau nicht realisierbar. Deshalb stehen Werkzeuge zur Anpassung der Datenflüsse und Funktionsabläufe bereit (Customizing von Integrationen).

Trotz dieses ausgeprägt mechatronischen Charakters moderner Produkte im Maschinenbau haben die mechanischen CAD-Systeme immer noch eine besonders große Bedeutung. So kann man auch heute noch feststellen, dass die meisten Einführungen von PLM-Lösungen ihren Start im Umfeld eines mechanischen CAD-Systems nehmen. Der Grund dafür liegt zweifellos in der unveränderten Relevanz der mechanischen Komponenten, aber vor allem in den besonders komplexen Informationsbeziehungen, die zwischen den einzelnen mechanischen Komponenten bestehen. Im Folgenden soll deshalb die Funktionalität von Integrationen ausführlich am Beispiel mechanischer CAD-Systeme erläutert werden. Anschließend wird dann auf Besonderheiten der elektrischen CAD-Systeme sowie der Systeme zur Softwareentwicklung hingewiesen.

8.3.2 CAD-Systeme für die mechanische Konstruktion

8.3.2.1 Grundlagen

Während noch bis in die zweite Hälfte der 90er Jahre die 2D-Systeme die Mehrzahl der Anwendungen ausmachten, stehen heute ganz klar 3D-Anwendungen im Mittelpunkt. Dies hat weitreichende Konsequenzen für den Aufbau einer PLM-Lösung und beginnt bei der Spezifik der Nutzung des CAD-Systems. Zwar kommt das geometrische Modell einer 3D-Darstellung dem zu entwickelnden Produkt viel näher als die zeichnerische Darstellung, es war jedoch ein Irrtum zu glauben, dass damit auch automatisch die Produktivität der Anwendung steigt. Zuvor muss der Konstrukteur sich von zwar sehr abstrakten, aber über viele Jahre in ihrer Anwendung eingeübten Werkzeugen und Funktionen im 2D-Bereich lösen. Erfahrungen und Vorgehensweisen, die zuvor sinnvoll und notwendig waren, erweisen sich plötzlich als unbrauchbar. Die Arbeit im 3D-Bereich stellt gerade im Hinblick auf das später erforderliche Ändern einer Konstruktion hohe Anforderungen an einen logisch sinnvollen Aufbau des Modells. Voraussetzungen, die nicht schon bei der Erstellung der Geometrie beachtet wurden, führen später soweit, dass eine Änderung praktisch einer Neukonstruktion vom Aufwand her entspricht. Nicht nur, dass die Arbeit im dreidimensionalen Raum vom Anwender eine völlig neue Arbeitsweise voraussetzt; auch die Randbedingungen der Datenorganisation fordern eine Anpassung der Systemnutzung.

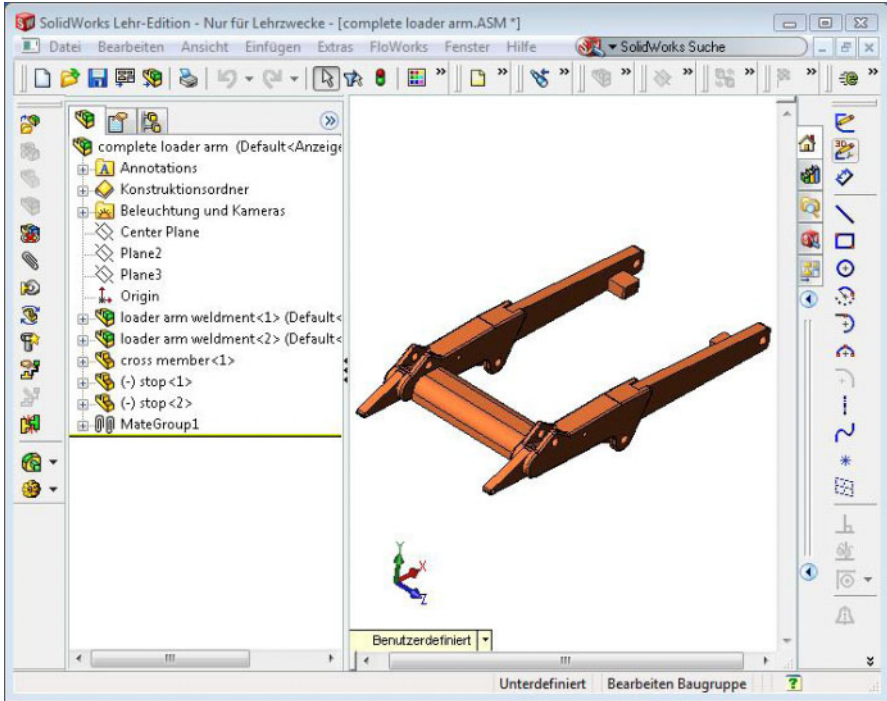


Abb. 8-11 Darstellung einer Baugruppe im CAD-System am Beispiel „Ladearm“ (Bearbeitungssystem: SolidWorks ©)

So stehen die Teilmodelle eines 3D-Systemes (die Einzelteile – oder *Parts*; die Baugruppen – oder *Assemblies*; die Zeichnungen – oder *Drawings*) in einem direkten Zusammenhang. Diese Beziehungen sind bei 2D-Anwendungen nur logischer Form, d. h. der Anwender kennt zwar die Beziehungen zwischen den Einzelteilen einer Konstruktion und die Strukturbeziehungen zur Baugruppe, diese sind aber nicht in den Files abgelegt. Auch wenn es viele 2D-CAD-Systeme zulassen Positionsnummern in Baugruppenzeichnungen auszuwerten, um z. B. eine Stückliste abzuleiten, ist es unmöglich die Struktur eines Produktes auszulesen und die Art und Anzahl der enthaltenen Komponenten zu ermitteln. Diese Informationen enthält jedoch ein 3D-Modell. Allerdings bringt dieser Informationsumfang mit sich, dass die Handhabung der Vielzahl von logisch verketteten Files ohne eine entsprechende Verwaltungssoftware nicht mehr handhabbar ist. Jeder File mit einem veränderten Namen, oder der in ein anderes Verzeichnis verschoben wurde, führt dazu, dass sich die Modelle nicht mehr laden und bearbeiten lassen. Die Erstellung von neuen Versionen oder Kopien der gleichen Baugruppe ist manuell kaum noch möglich.

Man sollte durchaus auch daran denken, dass gerade moderne CAD-Systeme mit ihrer unglaublich hohen Zahl von Features und Funktionen bei unsachgemäßer Anwendung zu großen Schwierigkeiten führen können. Wür-

de man es den Anwendern erlauben alle vorhandenen Möglichkeiten auszunutzen, so erhalte man bereits nach kurzer Zeit technische Unterlagen in Form von Modell-Files, Strukturen und abgeleiteten Dokumenten, die weder von der Verwaltungssoftware sauber organisiert noch von den Anwendern überblickt werden könnten. Der Aufbau einer sehr präzisen Konstruktionssystematik und die Bereitstellung detaillierter Arbeitsvorschriften sind unerlässlich.

8.3.2.2 Modellelemente einer 3D-CAD-Kopplung

Bei der Kopplung eines 3D-CAD-Systems an die PDM-Komponente der PLM-Lösung muss man mehrere verschiedene Betrachtungsebenen berücksichtigen. Arbeitsgegenstand für den Anwender ist immer die Darstellung im CAD-System (Abb. 8–11). Diese zeigt ihm den bearbeiteten Produktausschnitt z. B. in einer schattierten Vollkörperdarstellung. Sie kommt dem realen Aussehen am nächsten und bietet einen guten Überblick über den Konstruktionsstand. Ergänzend zu dieser Darstellung steht dem Konstrukteur in den meisten Systemen ein Browser zur Verfügung, der die Struktur der bearbeiteten Baugruppe darstellt.

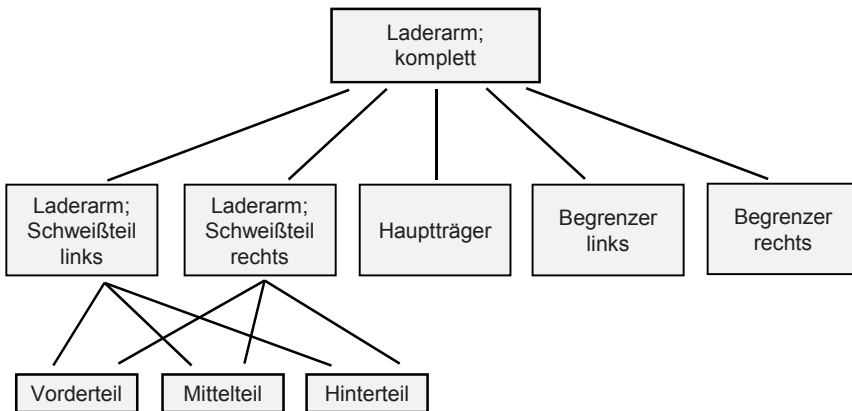


Abb. 8–12 Logische Struktur des kompletten Ladearms nach Abb. 8–11

Wichtig für die weiteren Betrachtungen ist dabei die Abhängigkeit zwischen den einzelnen Elementen. Grundsätzlich unterscheidet man:

- *Assembly*;
Dies ist das Modell einer Baugruppe (z. B. Laderarm; komplett). Ein Assembly kann weitere Assemblies (Unterbaugruppen) enthalten (z. B. „Laderarm; Schweißteil“).
- *Part*;
Die kleinste Einheit einer Assembly ist das Part. Es entspricht dem Einzelteil und kann nicht weiter in selbstständige Elemente zerlegt werden (z. B. „Vorderteil“, „Mittelteil“ usw.).

- *Drawing;*

Die Drawing ist die graphische Darstellung einer Assembly oder eines Parts. Es können z. B. Schnitte oder Projektionen eines oder mehrerer Ausgangsobjekte dargestellt werden.

Abbildung 8–12 zeigt die sich ergebende logische Struktur des Ladearms.

In den meisten modernen Systemen werden diese Grundelemente in jeweils einem separaten File abgelegt. Arbeitet ein Anwender also z. B. an einer Bau-Gruppe entsprechend Abb. 8–11, so entsteht eine File-Struktur entsprechend Abb. 8–13.

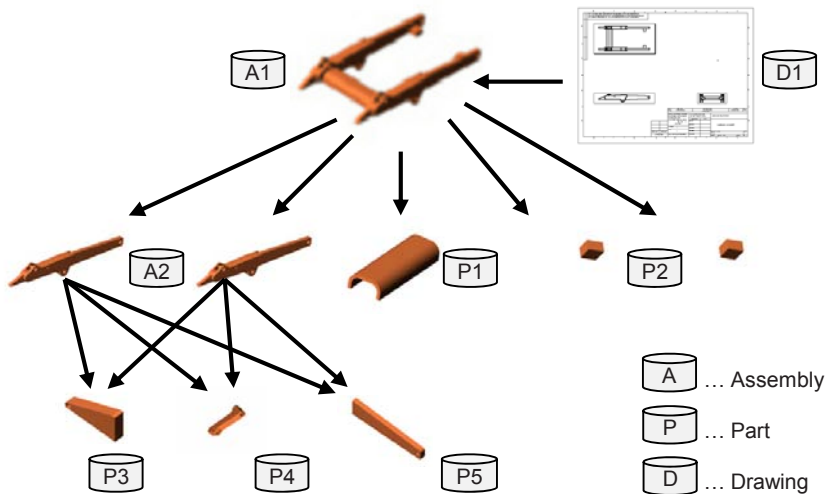


Abb. 8–13 Strukturelemente des Laderarmes nach Abb. 8–11

Dabei ist folgende File-Struktur zu erkennen:

- 2 Assembly-Files (A):
 - der komplette Laderarm,
 - das Ladearm-Schweißteil;
- 5 Part-Files (P):
 - das Hinterteil,
 - das Mittelteil,
 - das Vorderteil,
 - der Hauptträger,
 - der Begrenzer;
- 1 Drawing-File (D):
 - die Zusammenbauzeichnung.

Die separate Ablage in verschiedenen Files ist für die Verwaltung in einem angeschlossenen PDM-System sehr wichtig, da sie die Voraussetzung für eine einfache und effiziente Behandlung der Modellstrukturen für die Bildung

neuer Revisionen, die Erstellung von Kopien sowie die Mehrfachverwendung von Parts oder Assemblies in übergeordneten Assemblies ist.

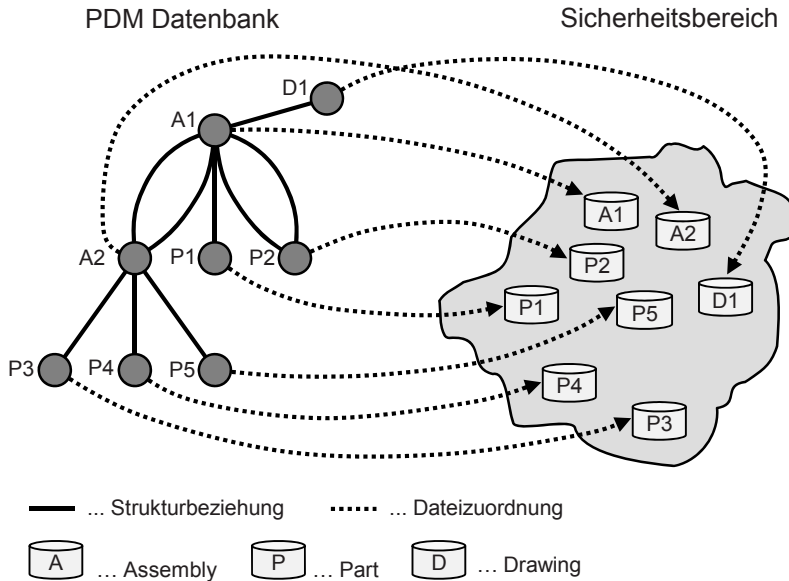


Abb. 8-14 Speicherung der Assembly im PDM-System

Einige, vor allem ältere CAD-Systeme legen jedoch auch mehrere Modellelemente in nur einem File ab. Hier muss man mit Einschränkungen bei der Handhabung rechnen. So ist es z. B. nicht möglich einzelne Teile, deren Modelle in einem gemeinsamen File abgelegt sind, separat freizugeben oder zu ändern. Jede Änderung erfordert die Anlage einer physikalischen Kopie des Files und würde somit unweigerlich zur Duplizierung auch der anderen enthaltenen Objekte führen. Besondere Beachtung verdient die Tatsache, dass das CAD-System die Referenzen zwischen den einzelnen Modellen in den Files selbst ablegt. Dies erfolgt üblicherweise über die Notiz der File-Namen aller enthaltenen Untermodelle. Jede Änderung der Namen von Modell-Files führt damit zu einem fehlerhaften Aufbau des Gesamtmodells. Dies muss bei der Verwaltung im PLM-System beachtet werden. Dieser zuvor beschriebenen Darstellungsebene innerhalb des CAD-Systems steht im Weiteren die Abbildung auf Dokumente innerhalb des PDM-Systems gegenüber (Abb. 8-14).

Jedem einzelnen Modellelement (Assembly, Part, Drawing) entspricht hier ein einzelnes Dokument. Dieses beschreibt die Modellkomponente mit den typischen Attributen, wie Dokumentennummer, Benennung etc. (vgl. Kap. 3). Ihr zugeordnet ist das CAD-File. Damit das PDM-System dem CAD-System bei einem Ladevorgang alle benötigten Einzel-Files zur Verfügung stellen kann, verwaltet es auch die Strukturbeziehungen. Ist ein Teil in der übergeordneten Gruppe mehrfach enthalten, so werden im PDM-System die Strukturen meist gleichfalls mehrfach gespeichert. So besteht die Möglichkeit jede

einzelne Modellposition separat anzusprechen. Um das Gesamtmodell nach dem Check-Out im CAD-System laden zu können, wird natürlich jede Komponente physisch nur einmal benötigt. Vorausgesetzt wird dabei, dass das CAD-System die Referenzierung zwischen den einzelnen Objekten intern sauber verwaltet. In diesem Fall würde eine einzelne Strukturrelation ausreichen. Aus dieser Dokumentenstruktur kann schließlich die Artikelstruktur abgeleitet werden (Abb. 8–15). Diese entspricht häufig in weiten Teilen der Dokumentenstruktur (und damit der Struktur des Geometriemodells). Allerdings sind auch Unterschiede möglich. So verschmelzen mehrfache Strukturbeziehungen zu nur noch einer einzigen Beziehung. Diese trägt dann als Attribut die Anzahl der enthaltenen Elemente und ist die Grundlage der Stückliste, die die Visualisierung der Produktstruktur darstellt.

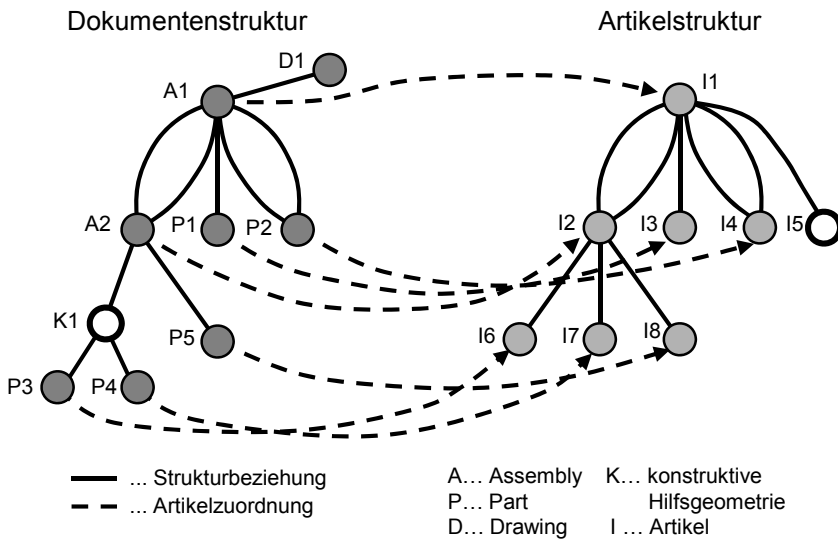


Abb. 8–15 Artikel- und Dokumentenstruktur

Die Stückliste kann weiterhin

- *Artikel enthalten, die in der Dokumentenstruktur nicht auftreten;*
 Ein Beispiel dafür ist das Part I5. Derartige Artikel haben entweder gar kein zugeordnetes Dokument oder repräsentieren Dokumente, die nicht mit dem zuvor betrachteten CAD-System erzeugt wurden (z. B. ein Textdokument, das mit einem Office-Programm bearbeitet wurde; elektrische Bauteile).
- *keine Artikel für bestimmte existierende Dokumente enthalten;*
 Ein Beispiel dafür ist das Dokument K1. Dies tritt häufig bei konstruktiven Hilfsgeometrien auf. Diese müssen in der Dokumentenstruktur vorhanden sein, damit das PLM-System die Files verwalten kann. Andererseits stellen sie keine für den Ferti-

gungsprozess relevanten Produktteile dar und haben somit nichts in der Stückliste zu suchen.

8.3.2.3 Die Grundfunktionen Laden und Speichern

Nachdem die bei der Verwaltung von 3D-Modellen auftretenden Objekte beschrieben wurden, sollen nun an einem Beispiel typische Grundfunktionen näher erläutert werden.

Der Speichervorgang läuft in mehreren Einzelschritten ab. Zuerst wird die aktuelle Geometrie mit den Funktionen des CAD-Systems gespeichert. Dies erfolgt in ein temporäres Arbeitsverzeichnis, das bei der Einrichtung der Integrationssoftware festgelegt wurde. Generell gilt, dass der Anwender immer auf lokalen Kopien der Files arbeitet, die in seinem persönlichen lokalen Verzeichnis liegen. Erfolgt die Speicherung das erste Mal, so vergibt die Integration temporäre Namen für die einzelnen Files. Weiterhin durchsucht die Integration die gesamte Geometrie und ermittelt die Strukturinformationen. Dabei werden neben den Vater-Sohn-Beziehungen – meist beschrieben durch die File-Namen – weitere Informationen ermittelt. Dazu zählen die Angaben, welche Komponente ein Konstruktionsteil und welche ein Normteil ist.

Für Normteile gelten einige Besonderheiten, auf die etwas später gesondert eingegangen wird. Viele CAD-Systeme bieten auch Funktionen an, die es erlauben Modelle gewollt unvollständig zu laden bzw. darzustellen. Dies ist sehr sinnvoll, da heute immer mehr versucht wird, komplette Produkte geschlossen zu modellieren. Dadurch entstehen immer größere Modelle (mehrere tausend Einzelkomponenten). Diese sind auch für moderne Computer nur sehr schwer zu verarbeiten. Zum einen stellen derart große Modellstrukturen enorme Ansprüche an den Hauptspeicher (mehrere Gigabyte sind keine Seltenheit) und die Leistung von Prozessor und Grafikkarte. Aber selbst bei derart ausgebauten Rechnern sind immer noch bedeutende Performance-Probleme zu erwarten (u. a. lange Ladezeiten; Schwierigkeiten bei der Manipulation). Zum anderen ist es jedoch sehr oft gar nicht notwendig alle Einzelteile einer Baugruppe gleichzeitig manipulieren zu wollen. Dies nutzen CAD-Systeme aus und bieten verschiedene Funktionen an, die es gestatten mit vereinfachten Geometrien oder Ausschnitten des kompletten Modells zu arbeiten.

Eine dieser Möglichkeiten besteht darin, beim Laden und Bearbeiten einer Baugruppe alle nicht direkt benötigten Teile oder Unterbaugruppen zu deaktivieren und unsichtbar zu machen. Diese deaktivierten Komponenten werden dann nicht mit geladen. Man nennt einen Zustand einer Assembly, der sich durch eine genau festgelegte Ordnung aktiver und inaktiver Komponenten auszeichnet, eine *Konfiguration*. Pro Assembly ist es möglich mehrere solcher Konfigurationen zu definieren. Abbildung 8–16 zeigt zwei mögliche Konfigurationen des Ladearms, dessen logische Struktur anhand Abb. 8–12 erläutert wurde. Während in Konfiguration 1 der komplette rechte Ladearm inklusive des rechten Begrenzers deaktiviert ist, umfasst Konfiguration 2 lediglich die

beiden Vorderteile sowie den Hauptträger. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, nur eine vereinfachte Hüllgeometrie bereitzustellen. Dann ist die Betrachtung der Einbauverhältnisse besonders leicht möglich.

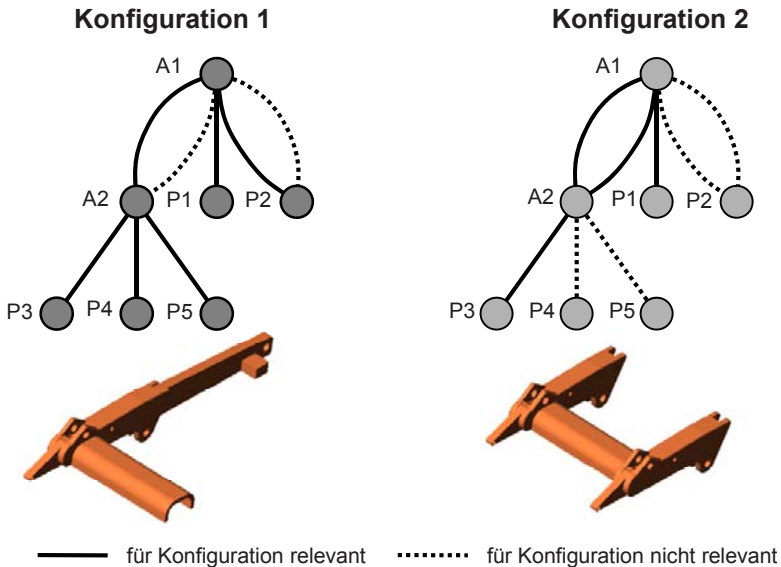


Abb. 8–16 Konfigurationsstrukturen

Die hier geschilderten Funktionen bringen für eine PDM-Integration allerdings recht große Probleme mit sich. Wird ein derartig konfiguriertes Gebilde gespeichert, so hat das PDM-System keinen Zugriff mehr auf alle in einer unterdrückten Komponente enthaltenen Teile. Besonders bei einer Erstspeicherung ist dies fatal. Wird die Baugruppe später wieder aus dem PDM-System geladen, ist dieses nicht in der Lage alle Strukturkomponenten bereitzustellen. Eine Aktivierung zuvor unterdrückter Elemente ist dann nicht mehr möglich. Für dieses Problem gibt es verschiedene Lösungen. Am einfachsten ist es, den Anwender auf die Existenz nicht mehr auflösbarer Baugruppen aufmerksam zu machen und aufzufordern diese zuvor separat zu speichern. Diese Lösung hat den Vorteil einer recht einfachen Implementierung. Außerdem ist mit einer guten Performance der Kopplung zu rechnen, da es keiner weitergehenden Untersuchung unterdrückter Elemente bedarf. Für viele Anwendungsfälle ist dieses Vorgehen durchaus ausreichend.

Komfortabler arbeiten Integrationen, die im Falle unterdrückter Teilgruppen diese automatisch öffnen und die Struktur analysieren. In diesem Falle ist immer garantiert, dass im PDM-System vollständige Informationen vorliegen ohne einen Eingriff des Anwenders. Bei einer sehr umfangreichen Anwendung der Konfigurationstechnologie ist diese Vorgehensweise kaum verzicht-

bar. Allerdings wird damit die eigentliche Zielsetzung der unterdrückten Teile verletzt, denn durch das erzwungene Nachladen entstehen beim Speichern erwartungsgemäß Performance-Probleme. In der Praxis lässt sich dieser Nachteil allerdings stark relativieren. So werden üblicherweise Teilmodelle in einem CAD-System gekennzeichnet, sobald diese geändert wurden. Dies kann in zwei verschiedenen Formen geschehen:

- *Timestamp*
Das CAD-System erhöht einen jedem Objekt zugeordneten Zähler bei jedem ändernden Zugriff. Der Vergleich des Zählers zu zwei verschiedenen Zeitpunkten gibt Ausschluss darüber, ob in der Zwischenzeit Änderungen durchgeführt wurden (Timestamps sind ungleich) oder nicht (Timestamps sind identisch). Timestamps werden nie auf Null zurückgesetzt und können sitzungsübergreifend ausgewertet werden.
- *Dirty-Flag*
In diesem Fall unterscheidet das System nur die Zustände „unverändert“ (Dirty-Flag=FALSE) oder „geändert“ (Dirty-Flag=TRUE). Bei jedem Laden eines Objektes steht das Flag auf FALSE, so dass eine sitzungsübergreifende Auswertung nicht möglich ist.

Die Integration nutzt diese Kennzeichnungen aus und speichert nur wirklich modifizierte Teile zurück. Um dies z. B. im Falle der Timestamps feststellen zu können, speichert das PDM-System jeweils den aktuellen Wert zum Zeitpunkt des Speicherns mit in die Datenbank ab. Dies heißt in der Praxis, dass

- bei einer Erstspeicherung die Zeit für das Nachladen und Öffnen von unterdrückten Gruppen in Kauf genommen werden muss. Dies ist vertretbar und sinnvoll, da jede Komponente sowieso im PDM-System abgelegt werden muss.
- bei späteren Rückspeicherungen wird für jede Komponente der aktuelle Timestamp mit dem zuletzt in der Datenbank abgelegten Timestamp verglichen. Stimmen diese nicht überein, so wird das entsprechende Element nicht weiter berücksichtigt. Ein evtl. unterdrücktes Teil wird also auch nicht geladen. Nur wenn das aktuelle Timestamp nicht mehr mit dem gespeicherten übereinstimmt, so wird die Komponente bei Speichervorgang berücksichtigt bzw. eine unterdrückte Komponente geladen und analysiert.

Diese Vorgehensweise erlaubt eine bzgl. der Performance sehr effiziente Arbeitsweise der Speichervorgänge. Nachdem das PDM-System nunmehr alle relevanten Informationen ermittelt hat, wird in der PDM-Datenbank recherchiert, welche der Komponenten schon existieren. Das weitere Vorgehen richtet sich jetzt nach dem Ergebnis der Recherche. Für bereits existierende Dokumente werden lediglich die Stammattribute aktualisiert. Dazu zählt auch

das besprochene Timestamp. Für noch nicht bekannte Komponenten wird ein neuer Dokumentenstammsatz angelegt. Im Rahmen der Einführung einer Integration kann festgelegt werden, welche Attribute mit Standardwerten belegt werden und für welche Angaben ein Dialog erforderlich ist. Dazu stehen verschiedene Quellen zur Verfügung. Die Dokumentennummer wird üblicherweise entweder manuell eingetragen oder über einen Nummerngenerator erzeugt. Die Benennung kann evtl. aus dem Namen des Files der Komponente ermittelt werden. Dies ist natürlich nur möglich, wenn nicht die Integration selbst einen Arbeitsnamen für das File erzeugt hat. Beide Möglichkeiten schließen einander aus.

Andere Attribute, wie Prüfablauf oder Erststatus können im PDM-System als Default eingestellt werden. Informationen über den Anwender, der die Speicherung durchführt, werden den Anmeldeinformationen des PDM-Systems oder der Betriebssystemumgebung entnommen.

Natürlich muss für neue Teile auch festgelegt werden, welchem Dokumententyp diese angehören sollen. Dafür gibt es folgende Varianten:

- Es gibt für jedes CAD-System bzw. für jeden Komponententyp (Assembly, Part, Drawing) einen fest eingestellten Dokumententyp. Diese sehr einfache Regelung hat allerdings den Nachteil, dass speziell bei der Nutzung mehrerer verschiedener Erzeugersysteme funktionell durchaus gleiche Teile in verschiedenen Ordnern abgelegt sind. Dies erschwert die spätere Recherche sehr.
- Der Anwender ordnet sich einem bestimmten Entwicklungsprojekt zu. Dieses hat wiederum eine klare Zuordnung zu bestimmten Dokumententypen („Entwicklung“, „Versuch“, „Anlagenbau“, ...). Damit ist eine dialogarme Speicherung bei klarer funktionaler Gliederung möglich.
- Schließlich kann der Anwender beim Speichern aufgefordert werden pro Komponente eine Zuordnung vorzunehmen. Dies ist selbstverständlich die bei einfachem Systemaufbau flexibelste Art. Allerdings führt sie zu meist inakzeptablem Aufwand beim Speichervorgang.

Bei geschicktem Aufbau des Gesamtsystems ist es also durchaus möglich, dass auch bei einer Erstspeicherung kaum ein Dialog notwendig wird oder auch eine vollautomatische Ablage möglich ist. Dies ist in seiner Bedeutung kaum zu überschätzen, da der Aufwand beim Ablegen einer großen Baugruppe (tausende Teile) sehr hoch werden kann. Schließlich können nun die im Arbeitsverzeichnis liegenden Geometrie-Files übernommen werden. Dazu werden den Dokumenten in der Datenbank File-Einträge zugeordnet und der File-Server erhält die Befehle die Geometrie-Files in den entsprechenden Sicherheitsbereich zu kopieren. Wie vorn dargelegt wurde, erhalten dabei alle Files neue kryptische Namen. Dies ist für den Nutzer ohne Bedeutung, da mit diesen Namen nur das System intern hantiert. Auf hier mögliche weitere Ak-

tionen, wie Zuordnung von Artikeln und Projekten, der Klassifizierung oder dem Digital Mock-Up wird in einem späteren Abschnitt eingegangen.

Einfacher ist das Laden einer Baugruppe aus dem PDM-System. Zum Zwecke des Ladens wird dem Anwender eine Dokumenten-Liste im PDM-System zur Verfügung gestellt. Hier hat er die Möglichkeit durch Angabe von Suchkriterien für beliebige Attribute (Nummer, Benennung, Speicherzeiten, Anwendernamen, Prüfabläufe, etc.) das gewünschte Dokument zu suchen. Hat er es gefunden, kann der Ladevorgang starten. Dazu ermittelt das PDM-System alle benötigten Komponenten durch Auswertung der Dokumentenstruktur. Die zugehörigen Files werden über den File-Server ausgecheckt und in das Arbeitsverzeichnis übertragen.

Zwei Voraussetzungen sind dabei zu beachten. Zum einen muss der Anwender das Recht haben auf die Komponenten zuzugreifen. Dies wird durch das System geprüft. Dokumente, auf die überhaupt keine Zugriffsberechtigungen bestehen, werden vom System gar nicht angeboten, spielen hier also keine weitere Rolle. Besteht auf die selektierten Dokumente kein Recht zur Änderung, so bietet das PDM-System an, die Komponenten nach CAD zu laden, weist allerdings darauf hin, dass die Möglichkeit einer Änderung einschließlich Rückspeicherung nicht besteht. Trotzdem ist es in vielen Fällen sinnvoll, den Ladevorgang fortzusetzen, da es entweder nur um eine Auswertung des Modells geht oder das Modell als Vorbild eines neu zu erstellenden Modells genutzt werden soll. Dann erfolgt nach der Änderung eine Rückspeicherung unter einem neuen Namen.

Zum anderen müssen sich die Dokumente, die geändert werden sollen, im PDM-System in einem entsprechenden Status befinden. Es ist eine feste Regel, dass niemals ein Originaldokument, speziell wenn dieses bereits freigegeben wurde, geändert werden kann. Soll ein derartiges Dokument nun zum Zwecke der Änderung in das CAD-System geladen werden, so muss dieses im PDM-System zuvor auf eine neue Version kopiert werden. Dieser Vorgang wird in einem späteren Abschnitt detaillierter erläutert. Anschließend erhält das CAD-System den Befehl mit dem Laden zu beginnen. Damit ist die Arbeit der Integration beendet.

8.3.2.4 Strukturen und Referenzen

Nach dem zuvor beschriebenen Speichervorgang wäre ohne weitere Funktionalität ein recht unangenehmer Effekt zu bemerken. Besitzt das CAD-System einen internen Browser, der die Struktur der geladenen Komponenten darstellt, so bezieht sich dieser meist auf die Namen der geladenen Teile. Diese haben jedoch meist keinen direkten Bezug auf Ordnungskriterien wie die Nummer der Dokumente, da die File-Namen vor dem ersten Ablegen im PDM-System vergeben wurden. Damit wird es dem Anwender sehr erschwert, einen Bezug von den Komponenten im CAD-System zu den eigentlichen Dokumenten herzustellen. Aber selbst wenn man die Namen der Files bereits beim ersten Speichern sinnvollerweise mit dem Namen oder der Nummer des Dokumentes

abgestimmt hat, so stimmen diese Angaben spätestens nach einer evtl. Korrektur im PDM-System nicht mehr.

Es bietet sich hier an, die File-Namen beim Auschecken vom PDM-System sinnvoll umzubenennen. Dies ist natürlich prinzipiell kein Problem. Da allerdings die Strukturbeziehungen zwischen den Modell-Files im CAD-System über die File-Namen verwaltet werden, muss es zu Fehlern kommen, wenn einzelne File-Namen extern geändert wurden.

Abhilfe bieten hier nur solche CAD-Systeme, die API Funktionen anbieten, um die in den Geometrie-Files enthaltenen Referenzen umzusetzen. Sind derartige Funktionen verfügbar, so erfolgt das Laden in folgenden Stufen:

- Alle Files werden in das Arbeitsverzeichnis ausgecheckt.
- Nun wird geprüft, ob die Files einen Namen besitzen, der einen aktuellen Bezug zu den Attributen des Dokumentes besitzt. Im Rahmen des Customizings wird festgelegt, wie die File-Namen logisch aufzubauen sind. In vielen Fällen hat sich eine Kombination aus „Dokumentenummer“ + „Versionszähler“ + „Blattnummer“ + „Benennung“ als sinnvoll erwiesen. Zwar ist ein derartiger Name bereits recht lang, aber der Informationsgehalt im CAD-Browser ist auch entsprechend hoch. Soweit man zu eindeutigen File-Namen kommt ist auch jedes andere Konstrukt denk- und einstellbar.
- War der File-Name nicht mehr aktuell, so wird das File umbenannt und alle Geometrie-Files, die eine Referenz auf das betreffende File besitzen werden, aktualisiert, indem die alte auf die neue Referenz umgestellt wird. Dieser Vorgang geht meist recht zügig vonstatten, so dass es nicht zu großen Performance-Problemen kommt. Auch ist eine notwendige Umbenennung meist nur selten notwendig, da die betreffenden Attribute nicht häufig geändert werden.
- Schließlich kann das geänderte Gebilde in das CAD-System geladen werden.

Außer der Änderung der Referenzen vor dem Ladevorgang auf der File-Ebene (wie bei SolidEdge© oder SolidWorks©), kann dieser Vorgang auch nach dem Laden direkt im CAD-System-Memory durchgeführt werden. Dies ist z. B. bei Pro/Engineer© oder NX© der Fall.

Da eine derartige Aktualisierung beim Laden des Dokumentes gemacht wird, ist es natürlich wichtig zu wissen, wie die beim letzten Speichern in den übergeordneten Komponenten benutzten Referenzen eingestellt waren. Da jedes Teil i. d. R. mehrfach verbaut ist, reicht es nicht mehr, die File-Namen nur dem Dokument selbst zuzuordnen. Vielmehr wird es nötig die aktuellen Namen der Files auf der Strukturbeziehung zur übergeordneten Komponente festzuhalten. Nur so ist es möglich die Aktualisierung der Referenzen pro Teileverwendung immer korrekt auszuführen. Dieses Kantenattribut muss andererseits bei jedem Speichervorgang mit aktualisiert werden.

Wie der File-Name aus den Attributen des Dokumentenstammsatzes erzeugt werden soll, wird im Rahmen des Customizings eingestellt. Dazu stellen PDM-Systeme entsprechende Beschreibungsmittel bereit (Abb. 8–17). Der File-Name wird dann entsprechend dieser Beschreibungssequenz zusammengesetzt, wobei beachtet wird, dass ein den Konventionen des Betriebssystems entsprechender Name entsteht. So sind viele Sonderzeichen sowie Steuerzeichen verboten. Derartige Zeichen werden z. B. durch Unterstreichungszeichen ersetzt.

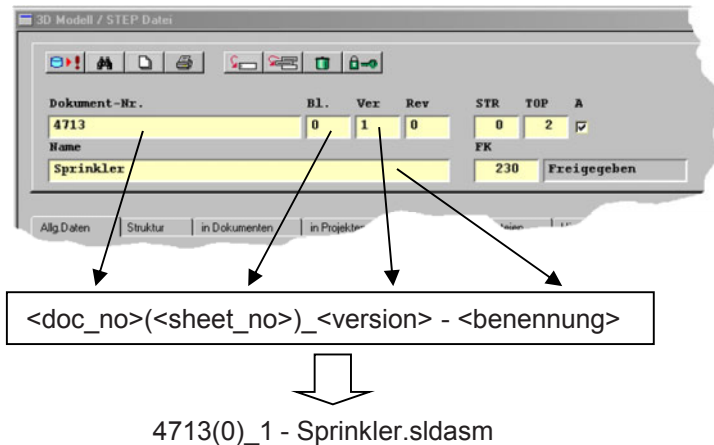


Abb. 8–17 Regelbasierte Generierung von File-Namen

CAD-Systeme ohne derartige Funktionen bieten nur die Möglichkeit mit konstanten File-Namen zu arbeiten. Dies erfordert entweder eine sehr saubere Benennung der Files bereits beim ersten Speichervorgang oder die Akzeptanz, dass im Browser des Systems keine direkten Angaben der Verwaltungsinformationen stehen. Dies ist vor allem bei älteren CAD-Systemen heute durchaus noch Praxis, wird allerdings von den Anwendern immer weniger akzeptiert. Als weiteres Problem der Dokumentenstrukturen muss man beachten, dass es durchaus möglich ist, dass im PDM-System auch Dokumente in die Struktur einbezogen werden sollen, die nicht mit dem entsprechenden CAD-System erzeugt wurden. Dies ist manuell mit den Mitteln des PDM-Systems jederzeit möglich. Aus diesem Grunde sollte in den Strukturen auch immer vermerkt werden, welche Komponenten durch die CAD-Integration erzeugt wurden.

8.3.2.5 Wiedererkennung von Komponenten

Komponenten, die bereits in das PLM-System gespeichert wurden, müssen bei einem späteren Speichervorgang als solche wiedererkannt werden. Wäre dies nicht der Fall, so würde bei mehrfachem Speichern des gleichen Teiles jedes Mal ein neuer Stammsatz im PLM-System angelegt werden. Besonders nach-

drücklich tritt dieses Problem beim Umladen von bereits existierenden Baugruppen auf (Abb. 8–18).

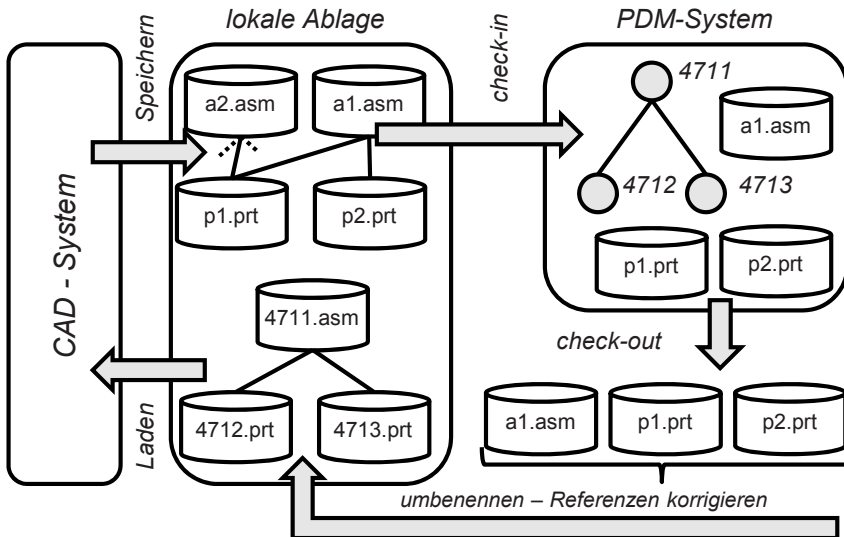


Abb. 8–18 Speichern und Laden existierender Baugruppen beim Umladen

Wird Baugruppe ‚a1‘ gespeichert, so werden bei einem späteren Bearbeitungsschritt die Namen der Files entsprechend der Systemeinstellungen geändert. Damit wird vom PLM-System auch der ursprüngliche File-Name ‚p1.prt‘ beim nächsten check-out als ‚4712.prt‘ generiert. Wird daraufhin später die Baugruppe ‚a2‘ gespeichert, so besteht keine Möglichkeit mehr das mehrfach verwendete Teil ‚p2‘ dem bereits existierenden Dokument ‚4712‘ zuzuordnen. Dieser Effekt kann durch folgende Maßnahmen behoben werden:

- *am gespeicherten File im Quellverzeichnis;*
Eine (versteckte) Kennzeichnung („user-property“) wird in das File geschrieben. Diese enthält die Identifikation des zugeordneten Dokumentenstammsatzes im PDM-System.
- *am Dokumentenstammsatz im PLM-System;*
Ein Attribut, welches den Ursprungs-File-Namen des Files im Originalverzeichnis enthält, wird gespeichert.

Später wird beim Speichern einer CAD-Komponente sowohl geprüft, ob die Kennzeichnung im File existiert, als auch, ob der entsprechende File-Name bereits im PDM-System als Ursprungs-File-Name vorhanden ist. Damit sind später folgende Fälle unterscheidbar:

1. *Fall*
 - Kennzeichnung existiert und ist einem Dokument zuordenbar;

- File-Name ist mit Ursprungsname identisch;
↳ Die Komponente wurde bereits unter diesem Dokument gespeichert
- 2. *Fall*
 - Kennzeichnung existiert und ist einem Dokument zuordenbar;
 - File-Name ist mit Ursprungsname nicht identisch;
↳ Die Komponente wurde früher unter dem gefundenen Dokument gespeichert und später manuell umbenannt. Der Anwender muss entscheiden, ob er zuordnen oder ein neues Dokument erzeugen will.
- 3. *Fall*
 - Kennzeichnung existiert nicht;
 - File-Name ist mit dem Ursprungs-File-Namen eines Dokumentes identisch;
↳ Die Komponente hat zufällig den gleichen Namen wie eine bereits gespeicherte, ohne mit dieser identisch zu sein. Es muss ein neues Dokument angelegt werden.
- 4. *Fall*
 - Kennzeichnung existiert nicht;
 - File-Name ist keinem Dokument zuordenbar;
↳ Die Komponente wurde noch nicht gespeichert und wird neu angelegt.
- 5. *Fall*
 - Kennzeichnung existiert, kann aber keinem Dokument zugeordnet werden;
↳ Die Komponente wurde früher bereits gespeichert, das Dokument im PLM-System später aber wieder gelöscht. Es muss ein neues Dokument angelegt werden.

Die Fälle 2, 3 und 5 stellen besondere Zustände dar und sollten immer durch Einbeziehung des Anwenders entschieden werden.

8.3.2.6 Normteile

An ihre Grenzen stößt die beschriebene Vorgehensweise bei der Arbeit mit Normteilen. Normteile werden meist direkt über ein spezielles Normteilesystem ausgesucht und die Geometrien von diesem System dem CAD-System übergeben. Wurde ein derartiges Teil im PDM-System gespeichert und entsprechend gekennzeichnet, so kann das erstellte Dokument später trotzdem nicht ohne weiteres wiedererkannt werden. Der Grund besteht darin, dass das gleiche Normteil bei einer künftigen wiederholten Verwendung vom Normteilesystem physikalisch neu erzeugt wird. Dieses neue Geometrie-File trägt keine der durch die Integration vergebenen Kennzeichen und erscheint deshalb wie ein neues Teil.

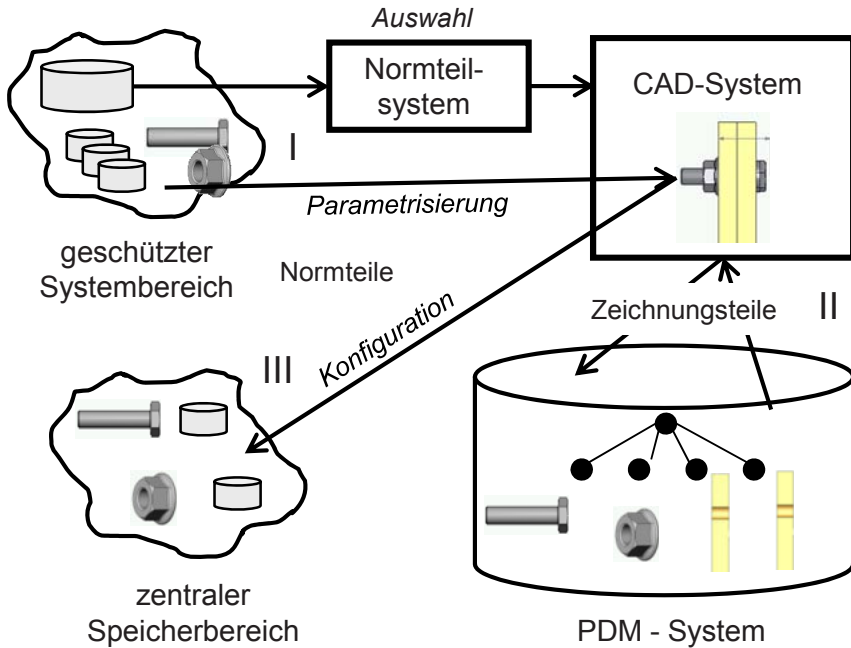


Bild 8–19: Geometrieverwaltung bei Anwendung von Normteilen

Allerdings lassen sich Normteile meist auf andere Weise von den Konstruktionsteilen unterscheiden. Entweder sie erhalten automatisch eine eindeutige Benennung oder ihnen wird ein programmtechnisch auswertbares Attribut zugeordnet. Derartige Kennzeichnungen können von der Kopplung dann ausgewertet werden. Wichtig für ein gut funktionierendes Gesamtsystem ist jedoch, dass die Einstellungen aller Teilkomponenten (Normteilsystem, CAD-System, Integration und PDM-System) aufeinander abgestimmt werden. Dazu gehört die Zuordnung firmenspezifischer Daten zu den Normteilen, die Beschränkung der Vielfalt von Normteilen und die Art und Weise der Speicherung der Normelemente. Am sichersten ist es, nur die meist sehr hochwertigen Dialog- und Auswahlfunktionen des Normteilsystems zu nutzen und die Normelemente immer über bereits im PDM-System abgelegte Einträge einschließlich zugehöriger Geometrien zu verwenden. Meist wird es allerdings akzeptiert, dass das Normteilsystem die Normelemente bei Anforderung neu erzeugt und bereitstellt (Abb. 8–19/I).

Diese Arbeitsweise ist performant und flexibel. Wird akzeptiert, dass es so auch zulässig ist völlig neue, dem PDM-System bisher unbekannte Teile zu generieren, so muss auf das Management der Teile im Normteilsystem geachtet werden. Manche dieser Systeme greifen bei der Erzeugung neuer Geometrien auf in einem zentralen Verzeichnis abgelegte Geometriebeschreibungen zurück. Dies ist soweit in Ordnung, als anschließend das Normteil physisch selbstständig entsteht und damit auch in das PDM-System eingecheckt werden

kann (Abb. 8–19/II). Kritisch sind solche Installationen, bei denen die Normelemente lediglich als Varianten bzw. Konfigurationen innerhalb der zentralen Geometrievorlage gespeichert werden (Abb. 8–19/III). In diesem Fall steht im Arbeitsverzeichnis des Nutzers kein aktuelles Normteil als File zur Verfügung. Damit kann dieses auch nicht eingesehen werden, was in jedem Fall eines externen Zugriffs auf die Produktstruktur zu Problemen führt.

Angemerkt sei, dass ein Abgleich mit den Normteilen im ERP bzgl. der Beschaffung sehr sinnvoll ist.

8.3.2.7 Revisionen und Kopien von Dokumentenstrukturen

Sowohl das Erstellen einer neuen Revision wie auch die Anfertigung der Kopie einer Komponente sind immer mit Eingriffen in die Struktur der gesamten Baugruppe verbunden. In beiden Fällen muss genau festgelegt werden, wie die Beziehungen zu enthaltenen Teilen sowie zu solchen Elementen, in denen die betrachtete Komponente enthalten ist, behandelt werden sollen. Falsch gesetzte Strukturbeziehungen im PDM-System führen unweigerlich zu korrupten Baugruppen, die sich im CAD-System nicht mehr bearbeiten lassen. Anhand von Abb. 8–20 soll dies veranschaulicht werden. Die Ausgangssituation sei eine dreistufige Baugruppe, deren Elemente sich alle in der Version ‚a‘ befinden. In Teilbild I wird eine kompatible („austauschbare“) Änderung an der Teilbaugruppe angenommen.

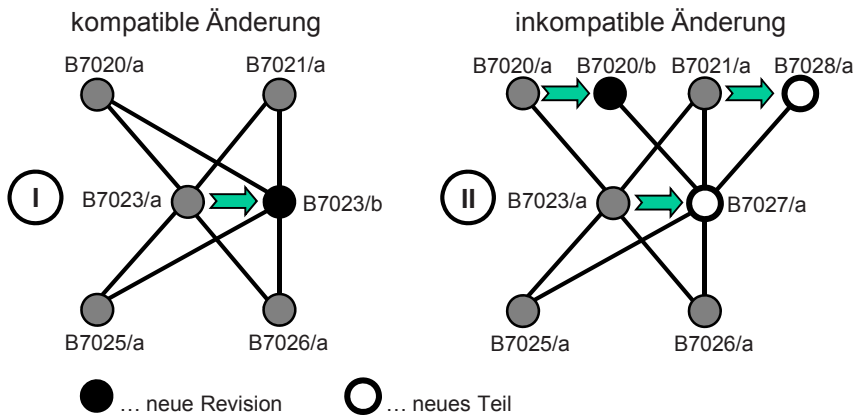


Abb. 8–20 Bildung neuer Revisionen einer Assemblystruktur

Damit erhält diese Baugruppe eine neue Revisionsnummer, kann jedoch in den übergeordneten Baugruppen ohne weiteres angewandt werden. Dort ist keine Änderung erforderlich. In Teilbild II sei die Änderung an ‚B7023/a‘ dagegen inkompatibel („nicht austauschbar“). Dies bedeutet, dass eine logisch neue Einheit ‚B7027/a‘ entsteht. Wichtig ist hier, dass die neue Nummer in diesem Fall nicht für ein wirklich neues Modell vergeben wird, sondern dass

das Modell durch Änderung aus dem Modell von ‚B7023/a‘ hervorgegangen ist. Für die übergeordneten Assemblies sind zwei Möglichkeiten gegeben. Ist die Anwendung von ‚B7027/a‘ in Baugruppe ‚B7020/a‘ wiederum kompatibel, so wird ‚B7020/a‘ auf ‚B7020/b‘ geändert. Ergäbe sich für Baugruppe ‚B7021/a‘ jedoch eine inkompatible Änderung, so muss nun auch ‚B7021/a‘ auf die neue Einheit ‚B7028/a‘ geändert werden.

Diese Vorgehensweise baut direkt auf den in Kap. 5 erläuterten Regeln des Änderungswesens nach DIN 6772 auf. Man sollte allerdings bedenken, dass eine Änderung im Bereich von Assembly-Strukturen ggf. weitere Forderungen bzgl. notwendiger Folgeänderungen hervorruft. Die Entscheidung für eine solche Änderung muss deshalb besonders verantwortungsbewusst getroffen werden. Ist eine Änderung aus der Sicht der Einsetzbarkeit des Teiles (oder der Baugruppe) im Produkt aus funktioneller Sicht kompatibel, so kann dies trotzdem bedeuten, dass die am Modell vorgenommene Änderung dazu führt, dass alle oder einige der übergeordneten Modelle nicht mehr im CAD-System bearbeitbar sind. Dies wird immer dann eintreten, wenn geometrische Komponenten verändert wurden, auf die von anderen Strukturelementen referenziert wird. Dies ist teilweise nur sehr schwer festzustellen, da derartige Referenzen unabhängig der Verwendungsstruktur auftreten können. Wichtig ist wiederum, dass das PDM-System nach einer derart durchgeführten Änderung, die immer innerhalb des PDM-Systems durchgeführt wird, die Referenzen der Assemblies aktualisieren muss. Wie bereits dargestellt wurde, wird der Index üblicherweise mit als Bestandteil der File-Namen benutzt. Dies hat den Vorteil, dass im CAD-Browser immer die Information vorhanden ist, auf welcher aktuellen Version jedes Teiles gearbeitet wird. Außerdem ist eine physikalische Eindeutigkeit zwischen den verschiedenen Versionskopien eines Teiles auch außerhalb des PDM-Systems gegeben. Gerade bei der Bearbeitung einer noch nicht freigegebenen Baugruppe ist dies wichtig.

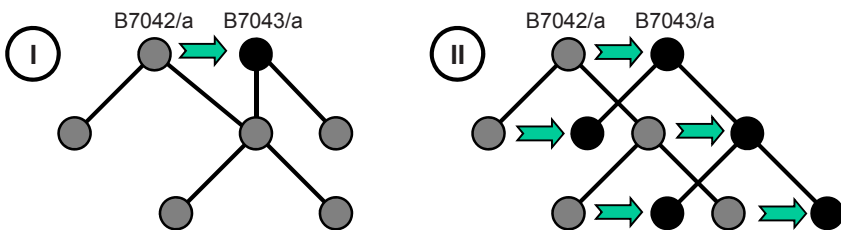


Abb. 8–21 Kopieren von Assemblystrukturen

Da sich diese ja noch im Status „In Arbeit“ befindet, ist es durchaus möglich, dass zum Zwecke der Anpassung sich vorübergehend mehrere Versionen enthaltener Komponenten im Arbeitsverzeichnis befinden. Wäre der Index kein Bestandteil des File-Namens, so würde es zu einer jeweiligen Überschreibung der Geometrien kommen. Die bisher besprochenen Änderungen finden auf dem Niveau der Dokumente statt. Natürlich müssen diese Ände-

rungen entsprechend auch auf die zugeordneten Artikel übertragen werden. Bei den meisten Geometrieänderungen werden Änderungen am Dokument auch am Artikel durchgeführt. Dies ist allerdings nicht zwingend, da Modelländerungen möglich sind, die für den Artikel vollständig irrelevant sind. Dazu zählen z. B. Modellkonvertierungen (upgrade des Bearbeitungssystems), die zum Zwecke der Kompatibilität notwendig werden können.

Eine sehr nützliche Funktion des PDM-Systems ist das Anfertigen von Kopien ganzer Assemblystrukturen. Diese Anforderung kann aus zwei unterschiedlichen Sichten heraus gestellt werden. In vielen Fällen sollen vorhandene Baugruppenkomponenten für neue Produkte wiederverwendet werden. In diesem Fall wird man, wie in Abb. 8–21/I dargestellt ist, für die neue Einheit einen neuen Stammsatz anlegen und diesem eine Kopie des Assembly-Files der vorhandenen Baugruppe zuordnen. Oft soll jedoch auch eine Baugruppe komplett gedoppelt werden. Dann muss man, wie in Abb. 8–21/II dargestellt wird, von allen Komponenten Kopien auf Dokumente mit neuen Nummern gemacht und ausschließlich die neuen Dokumente über Strukturbeziehungen verknüpft. Beziehungen zur Ausgangsstruktur bestehen nicht. Da sich mit der Änderung der Nummern auch die File-Namen ändern, ist natürlich wieder eine Umsetzung aller Referenzen notwendig.

8.3.2.8 Zeichnungen

Von allen Parts oder Assemblies können im CAD-System Zeichnungen abgeleitet werden. Anders als bei 2D-CAD-Systemen sind in 3D-CAD-Systemen auch bei der Verwaltung von Zeichnungen Strukturen zu beachten.

In der Dokumentenstruktur des PDM-Systems liegen Drawings logisch über den Teilen bzw. Assemblies, d. h. in der Drawing dargestellte Geometrien werden als Komponenten der Zeichnung betrachtet (Abb. 8–22).

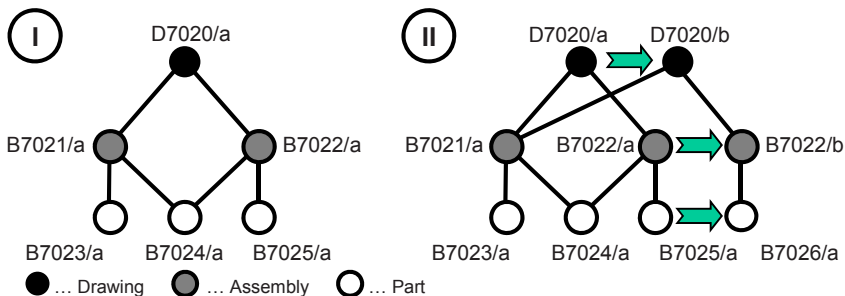


Abb. 8–22 Struktur und Änderung von Zeichnungen

Dies hat mehrere Vorteile. Zum einen entspricht eine derartige Speicherung der Freigabelogik. Eine Zeichnung kann sinnvollerweise erst freigegeben werden, wenn alle in ihr dargestellten Geometrien ebenfalls freigegeben sind. Weiterhin ist es durchaus möglich, dass in einer Zeichnung die Darstellung der Geometrien verschiedener Teile oder Baugruppen enthalten ist (Kompo-

nenten ‚B7021/a‘ und ‚B7022/a‘ sind in der Drawing ‚B7020/a‘ dargestellt; Abb. 8–22/I). Da Änderungen an der Geometrie eines Teiles in aller Regel auch Änderungen an der zugehörigen Zeichnung nach sich ziehen, wird eine Zeichnung bei der Änderung eines Parts oder Assemblies immer mit geändert (Abb. 8–22/II). Die Beziehungen zu den enthaltenen Geometrien bleiben dabei erhalten.

Zeichnungen können, wie in Abb. 8–23 dargestellt, in drei verschiedene Bestandteile zerlegt werden, die ggf. auch unterschiedlich vom PDM-System verwaltet werden:

- *graphische Darstellung des Teiles (I)*
Dieser Teil der Zeichnung wird vom PDM-System als File in den Sicherheitsbereich kopiert.
- *Inhalt des Zeichnungskopfes (II)*
Hier stehen alle Verwaltungsinformationen der Zeichnung. Diese werden vom PDM-System in der Datenbank abgelegt. Im Folgenden wird die dazu benutzte Technologie näher erläutert.
- *Zeichnungsrahmen (III)*
Der Rahmen ist eine über lange Zeiträume statische graphische Information, die außerdem für alle Zeichnungen des gleichen Typs und gleichen Formates identisch ist. Aus diesem Grund muss die Rahmengrafik nicht zwingend im PDM-System gespeichert werden. Zumindest für die Erstellung neuer Zeichnungen werden sie in einem dem CAD-System zugeordneten Arbeitsbereich bereitgestellt.

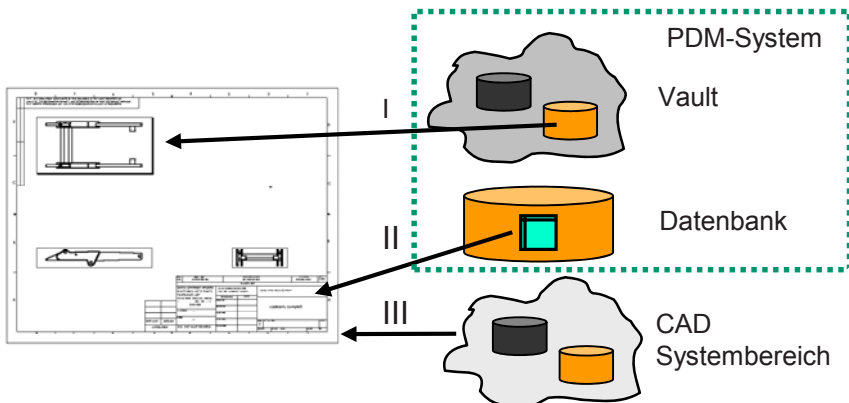


Abb. 8–23 Verwaltung der Komponenten einer Zeichnung

Damit ergeben sich bezüglich der Verwaltung der Zeichnungen verschiedene Arbeitsweisen. Möglich ist es, den Zeichnungsrahmen beim Speichern der Zeichnung zu löschen. Beim Laden einer Zeichnung erfolgt dann ein erneutes Zumischen der entsprechenden Rahmengrafik. Dies hat den Vorteil, dass der Speicherplatz immer identischer Informationen gespart wird und außerdem die

Aktualisierung evtl. geänderter Rahmen sehr einfach ist. Vor allem bei älteren Installationen ist diese Vorgehensweise häufig anzutreffen. Problematisch ist hier, dass die gespeicherten Zeichnungen nicht komplett sind und damit z. B. das Erzeugen von Ausdrucken direkt aus dem PLM-System einen erhöhten Aufwand erfordert. So ist es natürlich auch möglich, die Zeichnungsrahmen gemeinsam mit der Zeichnung zu speichern. Heute spielt der Speicherplatz keine vordergründige Rolle bei der Entscheidung für die Arbeitsweise mehr. Dafür stehen solche Forderungen wie Performance im Vordergrund. Diesem Aspekt kommt diese Arbeitsweise sehr entgegen. Das erneute Zumischen des Zeichnungsrahmens, das teilweise recht zeitaufwendig ist, wird damit vermieden. Außerdem kann die Zeichnung nach einem auschecken auch ohne Zutun des CAD-Systems sofort benutzt werden. In diesem Fall sollte man allerdings bedenken, dass die Stammdaten sich evtl. in der Zwischenzeit geändert haben können. Eine Aktualisierung des Files ist deshalb also trotzdem anzuraten. Je nach Projekt wünscht man sowohl Inhalte des Zeichnungskopfes in die zugehörigen Felder der Datenbank zu schreiben, oder auch den Zeichnungskopf aus der Datenbank zu aktualisieren. Der zweite Fall ist dabei aus Gründen der Datenkonsistenz zu bevorzugen.

Als Voraussetzung dafür müssen im Rahmen der Projektierung der Anwendung folgende Angaben definiert werden:

- Festlegung der Informationen (Texte) in der Zeichnung,
- Zuordnungsvorschrift Zeichnungsinformation zu Datenbankfeldern und
- Konvertierungsfunktionen zur Anpassung der Datenbankinhalte an das gewünschte Ausgabeformat.

Informationen in der Zeichnung kann man in drei verschiedenen Arten kennzeichnen:

- *Positionen*

Die Texte, die für eine Übernahme in die Datenbank vorgesehen sind bzw. die mit Inhalten von Datenbankfeldern aktualisiert werden sollen, werden auf Grund ihrer absoluten Position im Zeichnungsrahmen erkannt. Dazu muss für jedes einzelne Zeichnungsformat eine Mappingtabelle erzeugt werden, die die Basis der Zuordnung ist. An dieser Position erwartet die Integration den in die Datenbank zu übernehmenden Text bzw. an dieser Position wird das Datum der Datenbank geschrieben. Dieses Konzept hat den Vorteil auch bei CAD-Systemen mit eingeschränkter Funktionalität der API nutzbar zu sein. Sind in den Mappingtabellen auch Informationen über den verwendeten Font enthalten, so kann an einer beliebigen, nicht präparierten Stelle der Zeichnung Text platziert werden. Platzhalter sind nicht notwendig.

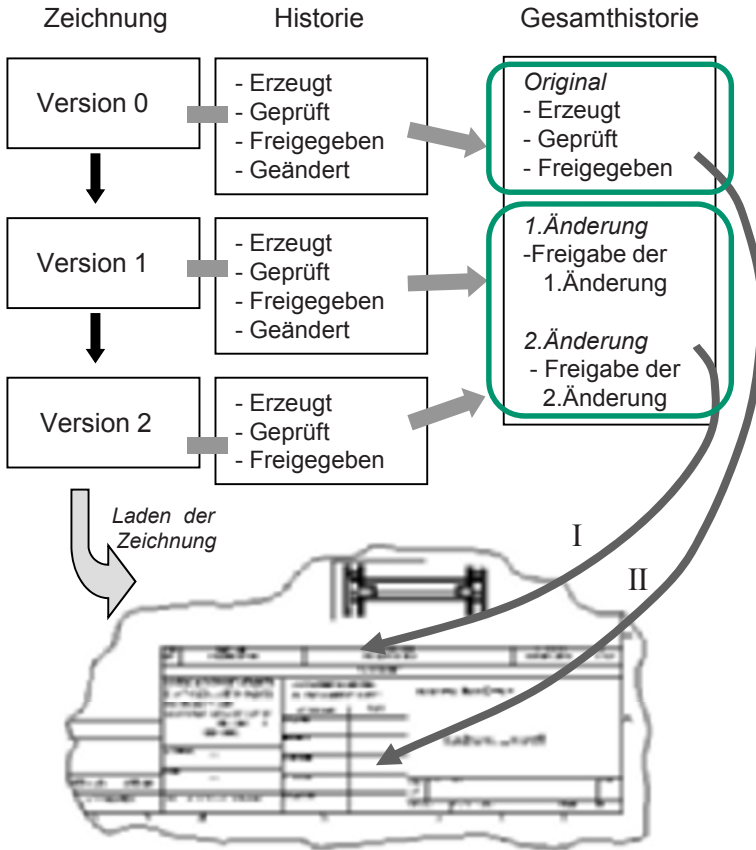


Abb. 8-24 Zusammenstellung von Zeichnungskopfdaten aus der Dokumentenhistorie

- Platzhalter über Namenserkennung*

Bei dieser Methode werden in der Zeichnung an alle Positionen, an denen Ausgaben erfolgen sollen, Platzhaltertexte gesetzt. Jeder Text erhält einen Systemnamen. Problematisch ist, dass bei einigen CAD-Systemen die internen Systemnamen, die für eine Auswertung benötigt werden, manuell nur schwer oder gar nicht beeinflusst werden können. Die Integration scannt dann die gesamte Zeichnungsstruktur und ersetzt alle gefundenen Platzhalter mit den von der Datenbank erhaltenen Daten. In umgekehrter Weise können die gefundenen Texte natürlich auch in Felder der Datenbank geschrieben werden. Das Format der Ausgabe kann in einfacher Form durch Formatierung des Platzhaltertextes erfolgen. Leider ist das Scannen der Struktur einer großen Zeichnung sehr

zeitaufwendig und führt zu oft inakzeptabler Performance der Integration.

- *Platzhalter mit Anbindung an Properties*

Viele aktuelle CAD-Systeme (speziell unter dem PC-Betriebssystem Windows) erlauben das Setzen von sog. Properties. Dies sind Eigenschaften, die der Applikation global bereitstehen. Einige davon sind vordefiniert (Autor, Thema, letztes Speicherdatum, ...), weitere kann man sich beliebig selbst definieren (user property). In der Zeichnung gesetzte Texte können dann eine feste Bindung an eines der existierenden Properties erhalten. Sehr von Vorteil ist, dass die Integration bei dieser Methode per API nur noch die Ausprägung der betreffenden Properties an zentraler Stelle ändern muss und dann automatisch alle Texte, die mit dem Property verbunden sind, aktualisiert werden. Dies führt zu einfacheren Integrationsfunktionen und insbesondere zu einer wesentlich besseren Performance.

Üblich ist, dass folgende Informationen auf einfache Weise in die Zeichnung übernommen werden können:

- Alle Attribute des zugeordneten Dokumentes (Drawing),
- Attribute des dem zugrunde liegenden Modells (Assembly oder Part) zugeordneten Dokumentes,
- Attribute des zugeordneten Artikels (meist ist auch hier der Bezug über das zugrunde liegende Modell erforderlich),
- Attribute eines evtl. zugeordneten Projektes und
- Attribute der Dokumentenhistorie.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass speziell Daten der zugeordneten Historie oft recht aufwendig zusammengestellt werden müssen. Aus der Historie des Dokumentes erhält man alle Daten, die

- die Änderungsgeschichte des Dokumentes beschreiben (geändert am, geändert von, Änderungsversion, Änderungstext);
- die Freigabe der Ursprungszeichnung beschreiben (gezeichnet von/am; geprüft von/am; freigegeben von/am).

Abbildung 8–24 zeigt diesen Sachverhalt. Problematisch ist dabei, dass diese Informationen aus verschiedenen Versionen des Dokumentes gelesen werden müssen. Historisch bedingt stehen in der Zeichnung (auch eines späteren Änderungszustandes der Zeichnung) immer die Angaben des ursprünglich für die Zeichnung verantwortlichen Bearbeiters (Teil I). Im Abschnitt der Änderungsinformationen (Teil II) werden alle Änderungsangaben der Zeichnung vom Ursprungsoriginal bis zur aktuellen Version gesammelt. Diese Angaben muss die Kopplung aus der Verkettung der Historien aller Versionen der Zeichnung (*Gesamthistorie*) ermitteln.

8.3.3 Softwareentwicklungssysteme

Die zunehmende Digitalisierung vieler Produkte beruht ganz wesentlich auf der zentralen Bedeutung von Software in ihren unterschiedlichen Ausprägungen. Es soll an dieser Stelle kurz auf einige Besonderheiten des Softwaremanagements hingewiesen werden. Diese beschreiben recht gut die Voraussetzungen einer Integration in ein PLM-Konzept. Zum einen kann Software als Komponente komplexer mechatronischer Produkte auftreten. In diesem Fall müssen die Softwareeinheiten der Gesamtstruktur des Produktes zugeordnet werden. Software kann aber auch ein selbstständiges Produkt sein.

Die mögliche Größenordnung von Softwareprodukten wird sehr anschaulich, wenn man beispielsweise das ERP-System SAP/R3 betrachtet. Dieses enthält über 58.000 Funktionen, die in ca. 15.000 Programmen codiert sind und aus über 35 Millionen Zeilen Quellcode bestehen. Die Programme greifen auf ca. 18.000 Tabellen bzw. Views¹⁰ in Datenbanken zu, in denen wiederum über 100.000 Datenelemente mit mehr als 20.000 Strukturen definiert sind. Solche Zahlen sind auch für andere typische Softwareapplikationen, wie PLM-Lösungen, durchaus typisch.

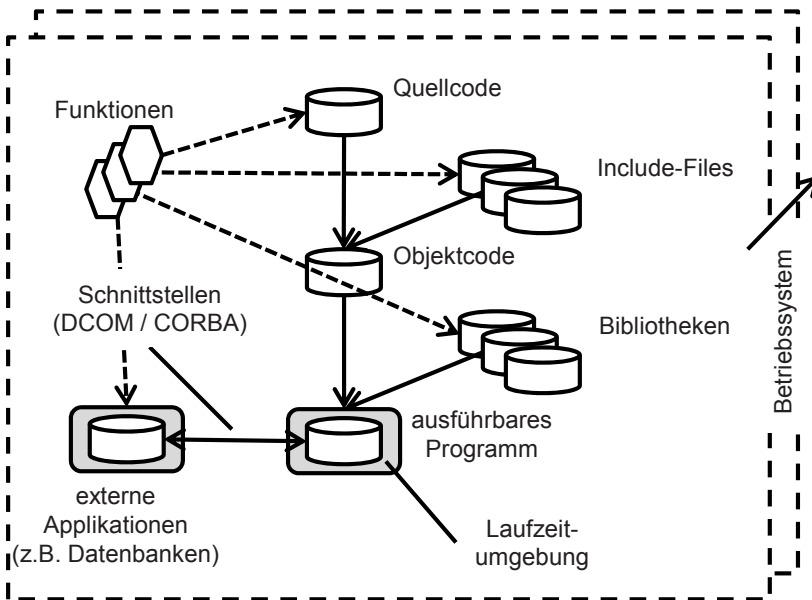


Abb. 8–25 Vereinfachte Darstellung der Komponenten einer Softwareentwicklung

Derartige Systeme übersteigen an Kompliziertheit und Umfang der zu verwaltenden Elemente die meisten mechanischen Produkte. Außerdem sind die

¹⁰ Eine View (deutsch: Sicht) ist eine logische Relation in einem Datenbanksystem, die ein Benutzer wie eine normale Tabelle abfragen kann.

einzelnen Komponenten extrem stark vernetzt. Dieser Sachverhalt ist in Abb. 8–25 in vereinfachter Form dargestellt.

Die geforderten Funktionen des Gesamtsystems werden dabei im Quellcode neuer Programmkomponenten codiert. In diesen Code können vorgefertigte Elemente eingefügt werden (Include-Files). Viele Funktionen stehen auch in nachnutzbaren Bibliotheken bereit oder können über geeignete Protokolle (z. B. DCOM oder SOA-basiert) in externen Applikationen genutzt werden. Der Quellcode wird entweder direkt interpretiert oder zunächst in einen maschinenlesbaren Objektcode gewandelt und gemeinsam mit weiteren Bibliothekskomponenten dann zu einem lauffähigen Programm zusammengefasst. Dieses läuft heute in vielen Fällen in einer sog. Laufzeitumgebung (z. B. JAVA oder auch die .NET-Programme), die ihrerseits eine mehr oder weniger gute Passfähigkeit in unterschiedlichen Betriebssystemen und auf unterschiedlichen Rechnern ermöglicht. Diese mehrstufige Struktur wird noch schwieriger handhabbar durch die Software-typischen Möglichkeiten der Versionierung (vgl. Abb. 8–26).

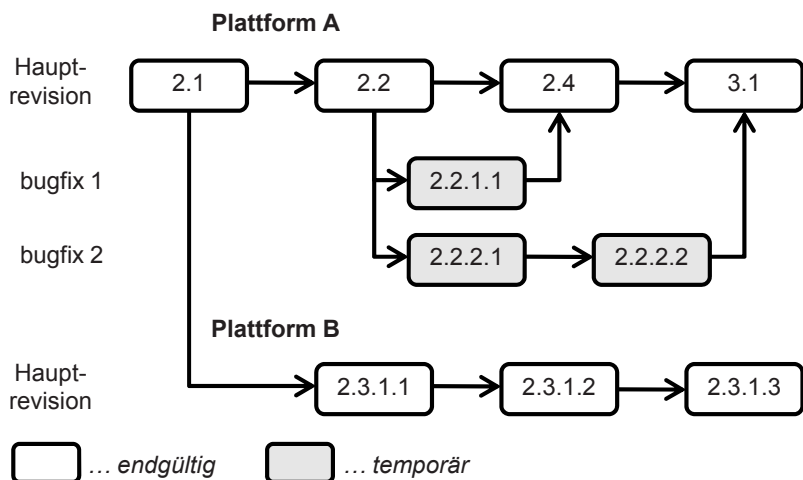


Abb. 8–26 Typische Revisionsbildung von Software

Eine Besonderheit von Software ist, dass sie mit meist weitgehend identischer Funktionalität gleichzeitig für unterschiedliche Betriebssysteme und Hardware angeboten werden muss. Man spricht von Hauptrevisionen für unterschiedliche Einsatzplattformen (Plattform A und Plattform B in Abb. 8–26). Die entstehenden Revisionsstände müssen (und können) nicht wieder zusammengeführt werden und werden damit parallel verwaltet. Natürlich wird versucht, dabei die Spezifikation möglichst identisch zu halten, was aber nicht immer möglich ist. Auftretende Fehler müssen oft unverzüglich behoben werden (bug-fixes). Diese Zwischenstände fließen dann als temporäre Lösungen in die Endprodukte ein, werden aber später in die Hauptrevisionen zurückgeführt.

Das Management derartiger Abhängigkeiten ist sehr komplex. Aus diesem Grund erfolgt die Softwareentwicklung heute im Normalfall immer unter Nutzung speziell auf diese Anforderungen ausgerichteter integrierter Entwicklungssysteme. Diese werden als CASE-Tools (Computer-Aided Software Engineering)¹¹ bezeichnet.

Funktionalität	PDM	CASE
Versionsmanagement		
Produktstruktur		
Build-Management		
Änderungswesen		
Freigabewesen		
Workflow		
Dokumentenmanagement		
Concurrent Engineering		
Konfigurationsmanagement		
Workspace-Management		
Arbeit mit Rollen		

 ... exzellent  ... ja  ...schlecht  ...nein

Abb. 8–27 Erfüllungsgrad unterschiedlicher Funktionen in PDM und CASE
(nach [CRN-03])

Einige der bekanntesten Lösungen sind IBM® Rational® ClearCase® [BEM-05], Telelogic Synergy™ [TEL-07] sowie MKS Integrity© [MKS-08].

¹¹ in der Literatur findet sich auch die Bezeichnung Software-Configuration-Management-Systeme

Es macht wenig Sinn, die sehr speziellen Managementfunktionen dieser Systeme in der PLM-Lösung nachbilden zu wollen. Dazu sind zumeist eine ganze Reihe teilweise sehr wichtiger Anforderungen nicht oder nur unzureichend erfüllt (Abb. 8–27).

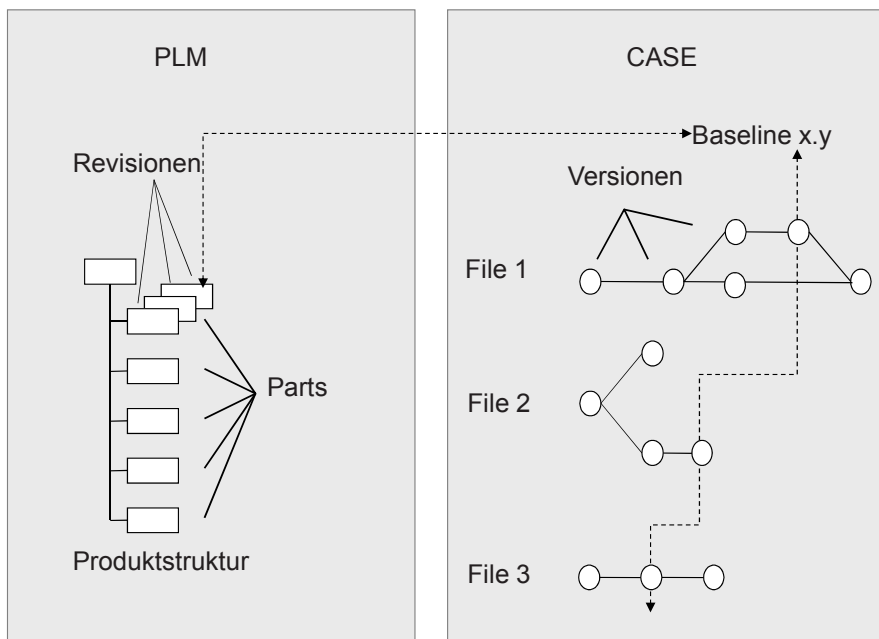


Abb. 8–28 Verwaltung von Softwarekomponenten in PLM und CASE
(nach [CRN-03])

Vor allem wenn Software in die Struktur von mechatronischen Produkten eingebunden werden muss, ist jedoch eine Integration von CASE in die PLM-Umgebung unverzichtbar. Funktional kommt es dabei nicht darauf an, alle aus der Sicht des Softwareproduktes erforderlichen Beziehungen und Versionen von Dateien im PLM-Backbone zu verwalten. Vielmehr sollen nur die den einzelnen Releasezuständen des Produktes zuordenbaren Gruppen zusammengehöriger Files in der PLM-Lösung abgelegt werden (Abb. 8–28). Eine solche Zusammenfassung von Files, die gemeinsam einer Produktversion entsprechen, nennt man *Baseline*. Dabei können die einzelnen Files einer derartigen Baseline durchaus unterschiedliche Versionen im CASE-Tool besitzen.

Aus technischer Sicht gibt es ähnlich wie bereits bei den mechanischen CAD-Systemen beschrieben sehr unterschiedliche Grade der Integration von CASE und PLM. Prinzipiell ist es möglich, die Integration soweit zu treiben, dass beide Systeme auf ein einheitliches Repository und eine einheitliche Benutzeroberfläche zurück greifen. Die bereits beschriebenen teilweise recht unterschiedlichen Anforderungen beider Systeme rechtfertigen den Aufwand für solche Lösungen nur in seltenen Fällen. Zumeist entspricht die Architektur

von PLM-CASE-Integrationen weitgehend der, die für die Einbindung von Team Data Management Systemen typisch ist. Darauf wird im folgenden Kap. 8.4 detailliert eingegangen.

8.3.4 CAD-Systeme für die elektrische und elektronische Konstruktion

E-CAD- bzw. EDA-Systeme ermöglichen einmal die Generierung von Stromlaufplänen, die die „Hardware“ beschreiben. Weiterhin werden mit diesen Systemen Programme für speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder Prozessleitsysteme (PLS) mit den dazugehörigen Anweisungslisten und Funktionsplänen erstellt. Bereits ein Blick auf derartige Dokumente zeigt, dass eine Integration von E-CAD-Systemen mit teilweise völlig anderen Objekten arbeiten muss, als dies bei den mechanischen CAD-Systemen erforderlich war. Im Gegensatz zu den Mechanik-CAD-Systemen steht bei E-CAD-Systemen der Einsatz von Symbolbibliotheken sowie die Wiederverwendung von Modulen (Anlageteilen) im Vordergrund. Die verwendeten Symbole sind oftmals mit Attributen versehen, so dass auswertbare, intelligente Zeichnungen entstehen. Darüber hinaus besitzen die Programme das nötige „Fach- Know-How“, um die gezeichneten Pläne auf Korrektheit zu prüfen.

Die besondere Bedeutung der Integration von E-CAD in eine PLM-Lösung liegt insbesondere auch in der Verflechtung mit den Aufgaben der mechanischen Konstruktion begründet. So ist es erforderlich, dass auf Grund einer Änderung des logischen Systemdesigns im elektrischen/elektronischen Bereich auch die abhängigen Kabelpläne geändert werden müssen. Dies hat in den meisten Fällen auch Einfluss auf die mechanische Konstruktion. Ein sicheres und nachvollziehbares Behandeln von derartigen Änderungsprozessen bedeutet nicht nur die Integration von Autorensystemen unterschiedlicher Disziplinen, sondern häufig auch das Abbilden von 2D-basierten Beschreibungen (logisches Systemdesign) in 3D-basierte Modelle (3D-Kabelmodelle, 3D-mechanische Konstruktion). In [WIL-07] wird auf die Besonderheiten derartiger Änderungsabläufe und Möglichkeiten der E-CAD/M-CAD-Kopplung eingegangen. Derartige Kopplungen sind zumeist in einem 2-Richtungs-Konzept aufgebaut. In der ersten Richtung erfolgt eine direkte Kopplung zwischen den beteiligten Autorensystemen. Ziel dieser Kopplung ist es, einen unmittelbaren und weitgehend synchronen Collaboration-Prozess während der Bearbeitungsphase zu ermöglichen. Einzelne Änderungen im elektrischen bzw. mechanischen Umfeld sind so in der jeweils anderen Disziplin unmittelbar nachvollziehbar [FRÖ-07, CHD-08]. Eine derartige Kopplung wird in [DAN-08] beschrieben.

In einer zweiten Richtung benötigen jedoch beide Systeme eine enge Einbindung und Integration in das PLM. Dieses stellt die unverzichtbare Basis für eine konsistente Zuordnung der einzelnen Modellrevisionen sowie die Administration und Durchführung disziplinübergreifender Änderungsprozesse dar.

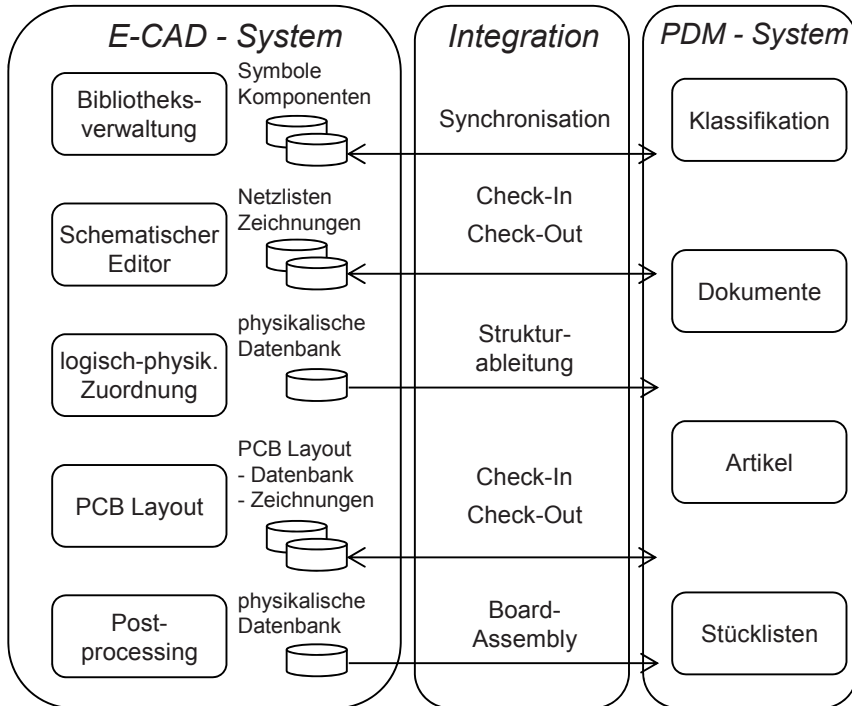


Abb. 8-29 Integration von E-CAD-Systemen in eine PLM-Lösung

Eine Integration in eine PLM-Lösung muss zumindest folgende Zusammenhänge bzw. Objekte beachten:

- Symbole und Komponenten der Teilebibliotheken;
- logische Zusammenhänge, wie sie u. a. in den Schaltungsplänen beschrieben sind;
- Zuordnung physischer Bauteile zu logischen Schaltungspositionen;
- das Layout im Rahmen eines Leiterplattenentwurfes (PCB¹²);
- Daten über Herstellung (z. B. NC-Steuerdaten für Bestückungsautomaten).

Diesen einzelnen Komponenten eines E-CAD-Systems stehen jeweils relevante PLM-Objekte gegenüber (Abb. 8-29). Dabei können die E-CAD-Komponenten den drei Bereichen Bibliotheksverwaltung, Schaltpläne sowie PCB-Definition inklusive der Fertigungsvorgaben zugeordnet werden. Die Schaltelemente, die in den genutzten Bibliotheken zur Verfügung gestellt werden, besitzen, soweit deren Nutzung freigegeben ist, PDM-Stammdaten im Klassifizierungsmodul. Aus den Schaltplänen werden Stücklisten abgeleitet und der Produktstruktur im PLM zugeordnet. Alle sonstigen wichtigen Doku-

¹² printed circuit board

mente des E-CAD-Systems werden über check-in- bzw. check-out-Funktionen zur Verfügung gestellt.

8.4 Integration von Team Data Management Systemen

Viele CAD-Systemanbieter statten heute ihre Systeme mit lokalen Verwaltungssystemen aus. Im Gegensatz zu den zentralen, vom CAD-System unabhängigen PLM-Backbone, nennt man die CAD nahen Verwaltungssysteme heute meist Team Data Management Systeme (TDM). Früher wurden die TDM-Systeme oft auch als „lokale PDM-Systeme“ benannt. TDM-Systeme gestatten es, die Modellstrukturen direkt im Umfeld des CAD-Systems abzuliegen. Damit sind eine Reihe von Vorteilen verbunden:

- Die Verwaltungsprogramme stehen i. d. R. sofort bei einem Versionswechsel des CAD-Systems unmittelbar zur Verfügung.
- Da es sich meist um den gleichen Anbieter handelt, stehen diesen Verwaltungsprogrammen eine Reihe von Funktionen zur Verfügung, die Fremdanbietern nicht zur Verfügung stellen können. Dies äußert sich in einer sehr engen Verflechtung der Programme (komfortable Analysefunktionen) sowie einer hohen Performance.

Andererseits muss man auch Nachteile in Kauf nehmen:

- Die Systeme sind stark an dem zugehörigen CAD-System orientiert. Schnittstellen zu weiteren CAD-Systemen stehen nicht oder auf einem geringeren Niveau zur Verfügung.
- Die verfügbaren Schnittstellen zu den Verwaltungssystemen sind auf einem meist recht hohen Niveau. Allerdings stehen keine Direktzugriffsfunktionen zu den CAD-Files zur Verfügung. Ist es erforderlich Eingriffe direkt im CAD-File vorzunehmen (z. B. Einträge in der Zeichnung), so ist eine zusätzliche direkte CAD-Kopplung notwendig (Abb. 8–30).
- Das verfügbare Datenmodell ist meist sehr eingeschränkt und beschränkt sich auf nur sehr wenige verfügbare Objekte. Eine nutzerspezifische Erweiterung mit z. B. weiteren Datenobjekten ist meist unmöglich.
- Ein Anpassen der Funktionen oder der Benutzeroberfläche ist meist nur sehr eingeschränkt möglich.

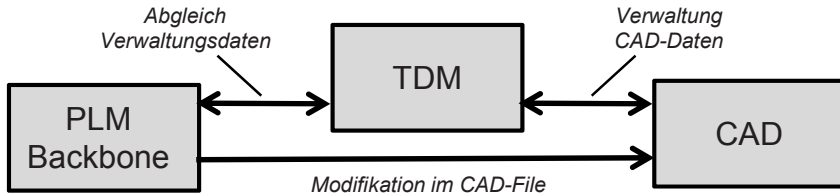


Abb. 8–30 Kommunikation zwischen PLM-Backbone, TDM und CAD-System

Grundsätzlich gibt es auch bei der Einbeziehung der TDM-Systeme in der Frage der Aufgabenverteilung zum PLM-Backbone ähnliche Varianten wie beim Zusammenwirken zwischen ERP und PDM (Abb. 8–31).

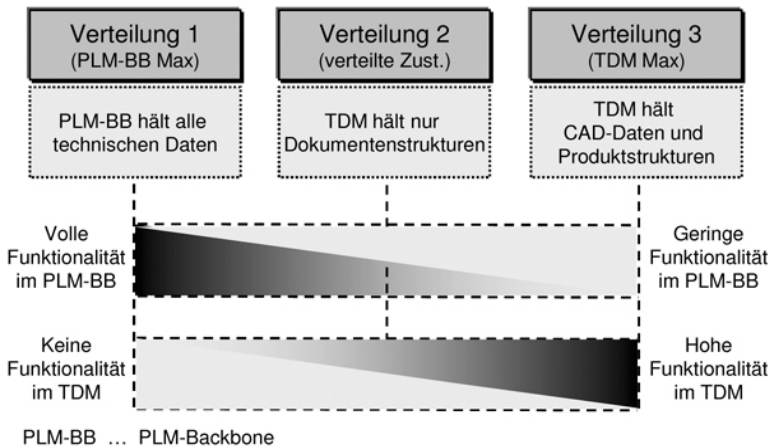


Abb. 8–31 Funktionsteilung zwischen TDM und PLM-Backbone

Verteilung 1 ist die klassische Form. Hier wird, selbst wenn es ein TDM zum CAD-System gibt, auf dessen Funktionalität verzichtet und eine direkte Schnittstelle zum CAD-System bevorzugt. Verbreiteter ist der Ansatz nach Verteilung 2. Dabei wird für die Verwaltung der augenblicklich aktiven CAD-Dokumente und -Strukturen das TDM genutzt. Die Daten werden beim Beginn eines Änderungszyklus aus dem PLM-Backbone entnommen und lokal abgelegt. Während der Bearbeitungsphase behält das TDM die vollständige Hoheit über die Daten. Erst nach Abschluss der Arbeiten gehen die Dokumente und Strukturen zurück in den PLM-Backbone. Der PLM-Backbone ist das dominante System über alle existierenden Daten, Zugriffsrechte und Nutzer. Auch alle Datenaustauschfunktionen werden vom PLM-Backbone aus gesteuert. Nur dieses ist in der Lage einen kontrollierten und reproduzierbaren Transfer von konstruktiven Produktdaten zu garantieren. Dies wird umso wichtiger, je mehr unterschiedliche CAD-Systeme im Einsatz sind. Ein weitgehendes Übertragen der Verwaltungsfunktionen an das TDM (Verteilung 3)

ist nur möglich, wenn keine komplexeren Funktionen, wie Versionierung oder Verteilung zwischen verschiedenen Standorten benötigt werden.

8.5 Enterprise Application Integration (EAI)

Es wurde bereits ausführlich beschrieben, dass PLM keine homogene Softwarelösung ist, sondern ein Lösungskonzept, das sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Einzelapplikationen rekrutiert. Aus diesem Grund kommen Methoden und Werkzeugen eine besondere Bedeutung zu, die es ermöglichen diese verschiedenen Applikationen zusammenzuführen. Dabei kann es nicht darum gehen, solche Integrationen zwischen den Applikationen zu entwickeln, wie es in den vorherigen Abschnitten beschrieben wurde. Vielmehr versteht man unter EAI die Planung, die Methoden und die Software, die es ermöglichen, dass heterogene, selbstständige Anwendungssysteme prozessorientiert zusammenwirken. EAI stellt sich damit als eine prozessorientierte Integration von Anwendungssystemen in heterogenen IT-Anwendungsarchitekturen dar. Dadurch ist EAI mehr als eine technische Integrationsplattform. Vielmehr besteht der Anspruch an EAI darin, die IT-Struktur von Unternehmen mit der Organisationsstruktur sowie den Geschäftsprozessen zu verbinden. Dafür sind vor allem drei unterschiedliche Konzepte im Einsatz (Abb. 8–32).



Abb. 8–32 Architekturkonzepte für EAI-Lösungen

Die *Point-to-Point*-Verbindung benutzt Integrationsbausteine zwischen jedem Paar von Applikationen, die innerhalb der EAI-Lösung miteinander kommunizieren wollen. Dadurch ist eine mit der Anzahl der beteiligten Applikationen extrem steigende Anzahl von Kopplungen erforderlich. Dem hohen Aufwand bei Entwicklung und Pflege derartiger Lösungen stehen aber auch Vorteile gegenüber. So kann man im Allgemeinen von einer hohen Qualität der Kommunikation ausgehen, da die Kopplungsmodule die jeweiligen Besonderheiten der Systempaare besonders gut berücksichtigen können. Auch ist die Sicherheit bei Ausfall einzelner Komponenten hoch, da jeweils nur die

direkt betroffenen Partner ausfallen. Demgegenüber greift die sog. *Hub-and-Spoke*-Architektur auf Integrationsplattformen zurück. Diese bieten für alle benötigten Applikationen Integrationsmoduln an. Dadurch ist die Anzahl der Kopplungen, die für eine einzelne Applikation zu entwickeln ist, unabhängig von der Anzahl der insgesamt beteiligten Applikationen. Die Integrationsplattform enthält die Beschreibung der Prozessabläufe und koordiniert Weitergabe der Mitteilungen von einer Applikation zur nächsten. Einerseits bietet die zentrale Administration gute Voraussetzungen für eine nachvollziehbare und transparente Arbeit des Gesamtsystems. Andererseits stellen jedoch die geforderten Performance- und Verfügbarkeitsparameter sehr hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Integrationsplattform [SCÖ-05].

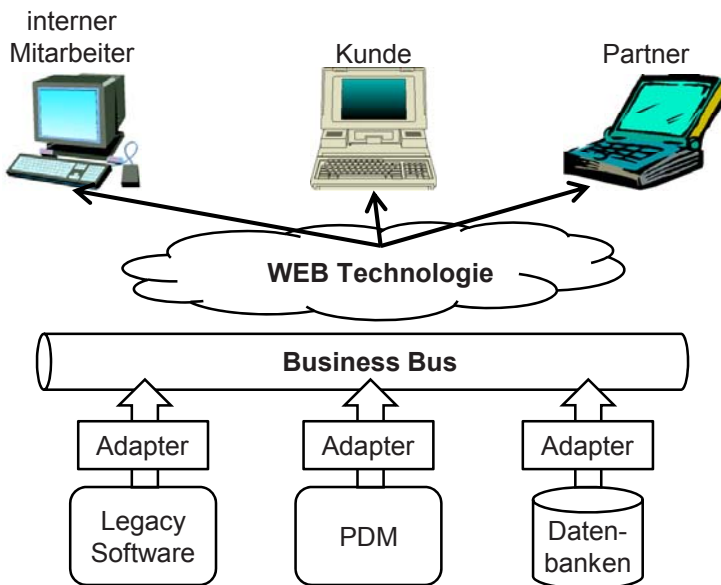


Abb. 8–33 Komponenten einer EAI-Integrationsplattform

Die besonders aktuelle *serviceorientierte Architektur (SOA)* greift auf den dezentralen Ansatz der Point-to-Point-Architektur zurück. Allerdings wird hier die Art und Weise, wie Mitteilungen bereitgestellt und empfangen werden durch gemeinsame Normen festgelegt. Weitere Einzelheiten zu diesem Konzept werden in Kap. 9 beschrieben. Man muss allerdings feststellen, dass sehr häufig auch Mischformen dieser einzelnen Architekturkonzepte genutzt werden. So greifen bei der in Abb. 8–33 dargestellte Lösung, die Anwender innerhalb der EAI-Lösung über WEB-Schnittstellen auf einen sog. Business-Bus zu. Für diese Zugriffe sind WEB-Services sehr gut geeignet (vgl. Kap. 9). Der Business Bus hat zwei wichtige Funktionen. Zum einen stellt er eine Plattform

mit Werkzeugen zur Verfügung, die die Anbindung aller benötigten Applikationen mittels geeigneter Adapter ermöglichen. In diesem Sinne stellt dieser Business Bus eine Integrationsplattform dar. Neben dieser Kopplungskomponente werden jedoch noch zusätzlich Werkzeuge bereitgestellt, mit denen Regeln und Prozesse beschrieben werden können, um die Daten eines Geschäftsfalls in der erforderlichen Sequenz an die einzelnen Funktionen übergeben und die Ergebnisse weiterleiten zu können. Enthalten sind neben den Werkzeugen zur Integration der externen Applikationen Komponenten zur Definition der Geschäftsprozesse. Damit wird eine Trennung von Geschäftsprozesslogik und Geschäftsfunktionen möglich.

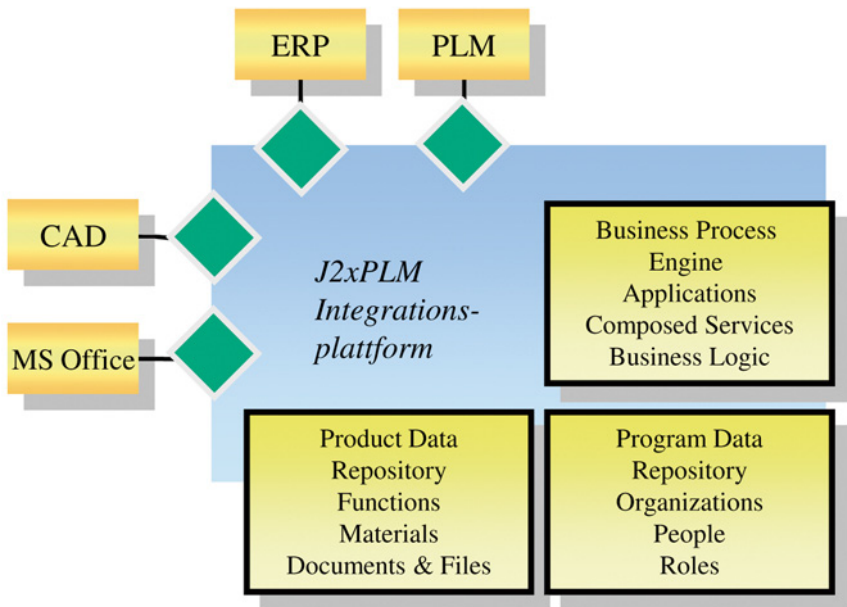


Abb. 8–34 EAI-Moduln einer Integrationsplattform (Quelle: xPLM GmbH)

Abbildung 8–34 zeigt eine derartige Integrationsplattform. Grundfunktionen sind häufig direkt in den angeschlossenen Applikationen enthalten und können nicht herausgelöst werden. Der Zugriff erfolgt über die Integrationskomponente. Die Prozesslogik mit den applikationsübergreifenden Abläufen wird separat in der *Business Process Engine* der Plattform definiert. Dabei ist der Zugriff auf ein *Program Data Repository* (Beschreibung der einbezogenen Projekte, Organisationen, Personen einschließlich deren Rollen) sowie ein *Product Data Repository* (Beschreibung der Produktdaten) gegeben.

Die weitere Forderung an einen Business Bus ist die, definierte Protokolle zur Implementierung von EAI-Vorhaben bereitzustellen. Für die Abbildung applikationsübergreifender Geschäftsprozesse spielen möglichst einheitliche Protokolle eine wichtige Rolle. Die meisten heute benutzten Protokolle bauen

auf dem Standard XML auf. So wurde im Jahr 1999 eine gemeinsame Initiative von UN/CEFACT und OASIS zur Nutzung von XML für elektronische Geschäftsprozesse gegründet. Der Name dieser Initiative ist ebXML, was für Electronic Business using XML¹³ steht. ebXML stellt eine Familie verschiedener Standards von UN/CEFACT und OASIS dar, wie u. a.

- technische ebXML-Architektur (ebXML Technical Architecture Specification),
- ein XML-Schema für Geschäftsprozesse (Business Process Specification Schema),
- ein Registrierdienst (Registry Services Specification) mit einem Registry Information Model ebRIM,
- ein Nachrichtendienst (Message Service Specification).

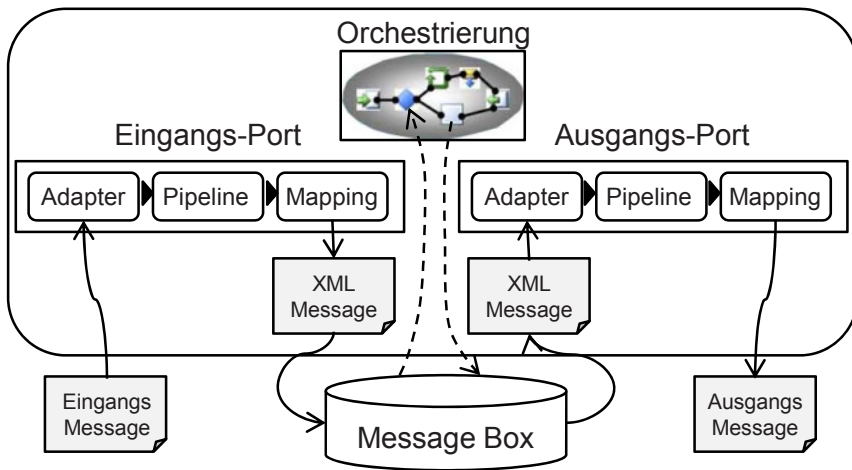


Abb. 8–35 Bearbeitung von Mitteilungen unter Nutzung der in der Orchestrierung beschriebenen Geschäftslogik eines EAI-Systems; nach [CHP-07]

Neben ebXML sind eine ganze Reihe weiterer Protokollentwürfe bekannt, wie RosettaNet [ROS-08] oder BizTalk der Firma Microsoft [CHP-07]. So fasst BizTalk auf einer sehr mächtigen Server-Plattform Werkzeuge für Business Process Management (BPM), Integration (EAI) und Service Orientierte Architekturen (SOA) zusammen. Die Prozesslogiken der Geschäftsprozesse werden auf der Basis einzelner Prozessbausteine beschrieben. Diese Definition wird auch *Orchestrierung* genannt.

Abbildung 8–35 zeigt den prinzipiellen Fluss von ein- und ausgehenden Mitteilungen, die die wesentliche Grundlage für die Kommunikation zwischen den einzelnen Anwendungen innerhalb des Geschäftsprozesses sind. Sogenannte Eingangs-Ports bauen eine Verbindung zu Applikationen auf, die Mitteilungen erzeugen. Ausgangs-Ports behandeln dementsprechend ausgehende

¹³ XML für elektronische Geschäftsprozesse

Mitteilungen. Jeder Port besteht aus drei Komponenten. Die Adapter enthalten die Interface zu den jeweiligen zu koppelnden Applikationen. Die Pipeline wandelt die native, eingehende Mitteilung in das Standardformat XML und untersucht Mitteilungen auf deren Integrität, z. B. durch Auswertung bzw. dem Setzen digitaler Signaturen. Anschließend wird die Mitteilung in der internen Message Box (einer SQL Datenbank) abgelegt. Dort werden dann alle Mitteilungen auf der Basis der durch die Orchestrierung beschriebenen Prozesse analysiert, wichtige Informationen extrahiert und schließlich die benötigten Ausgangsmitteilungen für die nächsten Prozessschritte (auf den jeweiligen Applikationen) im Send Port bereitgestellt.

8.6 ERP Kopplungen

8.6.1 Einführung

Bereits in Kap. 2 wurde erläutert, dass sich der Engineering Prozess mit dem „product backbone“ und der Produktionsprozess mit dem „production backbone“ im Bereich der Fertigungsplanung überschneiden. Die PLM-Lösung hat natürlich eine besonders starke Bindung an die im Laufe der Produktentwicklung anfallenden Daten und enthält somit auch die Werkzeuge, diese aus funktioneller Sicht aufzubereiten. Als Voraussetzung der Auftragsbearbeitung und Fertigungsplanung müssen die resultierenden Informationen schließlich an die Programme zur Fertigungsplanung und –steuerung übergeben werden. Schon seit dem Erscheinen der ersten PLM-Lösungen auf dem Markt begann nun die Diskussion über die Aufgabenteilung zwischen PLM und ERP. Diese Diskussion hält auch heute noch an [NIC-05]. Zum einen ist dies eine Frage der Gestaltung der Schnittstelle zwischen PLM und ERP. Als Resultat der Kopplung des PLM an die Autorensysteme werden im PLM-Backbone viele Informationen verwaltet, die eine starke Bindung zu von ihnen abhängigen Informationen im ERP-System haben. Dazu gehören z. B., mit Blick auf die mit der PLM-Lösung gekoppelten CAD-Systeme, Dokumente und Artikel mit den zugehörigen Strukturen (z. B. Stücklisten). Derartige Objekte (z. B. Artikel und Stücklisten) werden häufig auch redundant gehalten. Es muss also jeweils geklärt werden, welches der Systeme die Hoheit über die einzelnen Informationen besitzt. Im Falle der Artikel muss festgelegt werden, wo neue Artikel angelegt werden und welches System Stücklisten aufbaut und wie diese gepflegt werden.

Zum anderen haben viele ERP-System-Anbieter in den letzten Jahren zunehmend den PLM-Markt entdeckt und ihre Systeme mit PLM-Funktionen ausgestattet. Dies führt dazu, dass auch die verfügbaren Funktionen in beiden Systemen teilweise redundant sind. Der Anwender muss entscheiden, ob er für die Produktdatenverwaltung nur das ERP-System benutzt oder ob er diesem eine spezielle PLM-Lösung vorschaltet. Dadurch entsteht ein nicht einfach zu

lösender Konflikt [LEM-00]. Zum einen sollte man immer bestrebt sein, so wenig wie möglich Schnittstellen zwischen verschiedenen Systemen aufzubauen. Dies gilt zumindest, soweit es für die Schnittstellen keinen anerkannten Standard und darauf aufbauend eine zuverlässige Wartung und Weiterentwicklung gibt. Zum anderen ist die ausschließliche Nutzung eines „globalen“ Systems für eine Vielzahl, teilweise sehr unterschiedlicher Aufgaben mit einer Reihe von Nachteilen verbunden.

So können diese Systeme in den seltensten Fällen diese Aufgaben durchgängig gut und effizient unterstützen.

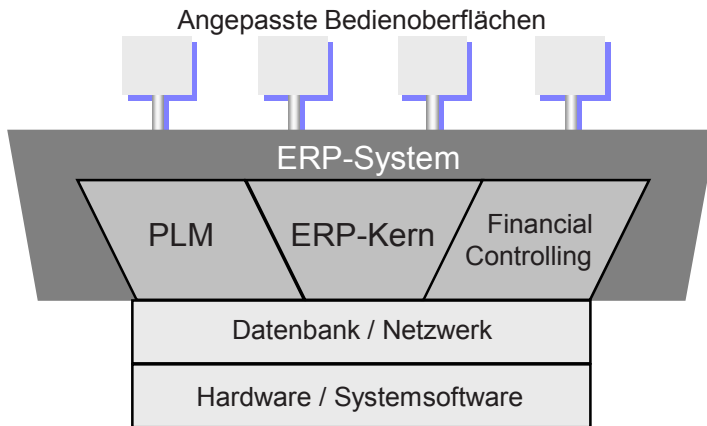


Abb. 8–36 Struktur integrierter ERP Lösungen

Zum einen stehen oft keine angepassten Werkzeuge zur Verfügung, um derartige Systeme an die spezifischen Anforderungen der verschiedenen Anwendervorstellungen anzupassen. Zum anderen muss man bedenken, dass auch manche Grundprinzipien den Anforderungen nicht gerecht werden können. Hier sei nur an das bei ERP-Systemen verbreitete Buchungskonzept erinnert. Dieses bewirkt eine zentrale jedoch asynchrone Eintragung von neuen Informationen. Dies ist jedoch bei der Handhabung gerade von strukturierten Daten, wie sie bei der Speicherung von Assemblystrukturen auftreten, sehr hinderlich, da zum Aufbau einer neuen Strukturbeziehung jeweils auf die Buchung des übergeordneten Objektes gewartet werden muss. Dies führt bei den so Performance-kritischen CAD-Kopplungen zu nur schwer zu lösenden Konflikten. Bei der Entscheidung ein ERP-System mit einem PLM-System zu ergänzen spielt also vor allem die Qualität der Anforderungen an die Gesamtlösung eine Rolle. Abbildung 8–36 zeigt die integrierte ERP-Lösung, mit PDM als Bestandteil von ERP. Diese kommt vor allem in Frage, wenn

- geringe Anforderungen an die CAD-Integration gestellt werden; dies gilt, wenn
 - überwiegend 2D-CAD-Systeme zum Einsatz kommen,

- 3D-CAD-Systeme mit einem lokalen Verwaltungssystem betrieben werden (vgl. Kap.7).
- nur die Zeichnungen, die aus 3D-CAD-Systemen abgeleitet werden, im ERP System abgelegt werden;
- keine Anforderungen an verteilte Entwicklungsumgebungen gestellt werden.

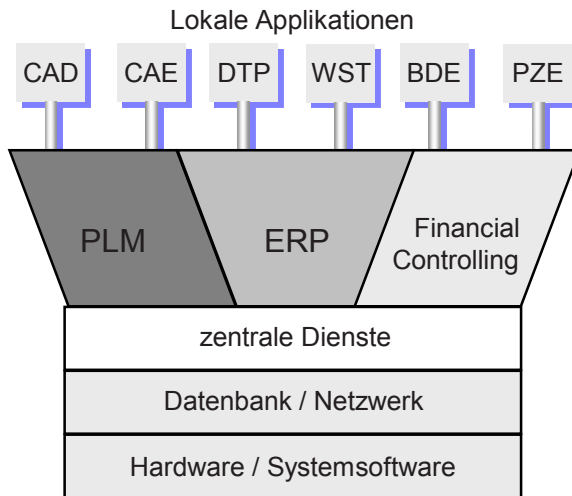


Abb. 8–37 PLM als selbstständige Applikation in einer *best in class*-Lösung

Im Gegensatz dazu gehen die *best-in-class*-Lösungen davon aus, jeweils auf bestimmte Aufgaben zugeschnittene Lösungen einzusetzen (Abb. 8–37). Hier werden ERP-Systeme um Programme z. B. aus den Bereichen Financial und Controlling oder der Produktdatenverwaltung ergänzt. Man spricht auch vom CAPE-Konzept („Concurrent Art of Product Environment“, nach [GAR-00]). Diese erfüllen jeweils spezifische Funktionen, kommunizieren über einen Datenbackbone und greifen auf gemeinsam benötigte, zentrale Dienste, wie Workflow, Mail oder Office-Programme zurück.

Ein Beispiel für die Integration vom PLM und ERP in der Flugzeug- und Verteidigungsindustrie zeigt [BOU-03].

8.6.2 Aufgabenverteilung zwischen PLM und ERP

Das zentrale Integrationsinstrument, um die technischen Daten des PLM-Systems mit den dispositiven Daten des ERP-Systems zu verknüpfen, bilden die Stamm- und Strukturdaten des Produktes.

Da sowohl ERP- als auch PLM-Systeme Möglichkeiten bieten, solche Daten zu speichern, kann man über die Art und Weise, wie man die Verwaltung dieser Daten zwischen PLM- und ERP-System verteilt, einige typische Grund-

varianten ableiten. Dabei ist durchaus möglich, die Vorteile beider Systeme sinnvoll zu verbinden [NN-04]. Die Abgrenzung der Varianten wird über folgende Kernstrukturen gebildet:

- CAD – Modellstruktur,
- Konstruktionsstückliste (as designed) und
- Fertigungsstückliste (should build).

Im Allgemeinen unterscheidet man entsprechend Abb. 8–38 drei mögliche Varianten der Aufgabenteilung. Grundsätzlich für alle Verteilungen gilt, dass die aus der Modellstruktur des CAD-Systems gewonnene Produktstruktur im PLM-System gehalten wird.

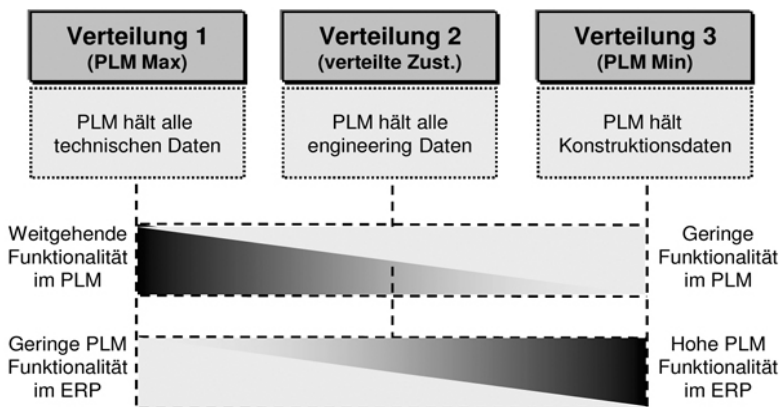


Abb. 8–38 Optionen der Aufgabenteilung zwischen ERP und PLM

Diese enthält alle möglichen Ausprägungen und Varianten der Konstruktion und ist die Grundlage für die Ableitung neuer Varianten, dem Digital Mock-Up und der Ableitung der (am Kunden- oder Änderungsauftrag orientierten) Konstruktionsstückliste (as designed). In Variante 1 nach Abb. 8–38 geht man davon aus, dass das vorgeschaltete PLM-System sämtliche technischen Daten enthält. In dieser Maximalausbaustufe des PLM-Systems wird die Konstruktionsstückliste und weiterhin die aus dieser abgeleiteten Fertigungsstücklisten (as planned/ should build) in diesem abgelegt (Abb. 8–39). Für die weitere Fertigungsplanung und –steuerung werden von den Fertigungsstücklisten 1:1 Kopien in das ERP-System übertragen. Dort werden sie um weitere kommerzielle und logistische Daten ergänzt. Auch spezielle Sichten für weitere Abteilungen, wie Service und Vertrieb können aus der Darstellung im PLM-System abgeleitet werden.

Da das PLM-System neben der Produktstruktur auch alle Dokumente enthält, kann die für ein bestimmtes Produkt benötigten Dokumentationen sehr einfach generiert und verwaltet werden. Es ergeben sich für diese Variante folgende Charakteristika:

- ein gemeinsames Werkzeug für Gestaltung und Konstruktion,
- eine zentrale Stückliste im globalen PLM-System,
- hohe Datenkonsistenz, da alle Relationen zwischen den verschiedenen Strukturdarstellungen des Produktes sowie der Dokumente in einem System liegen,
- eine Gesamtdokumentation wird unter Kontrolle des PLM-Systems erzeugt,
- das Interface zwischen den Systemen ist sehr komplex.

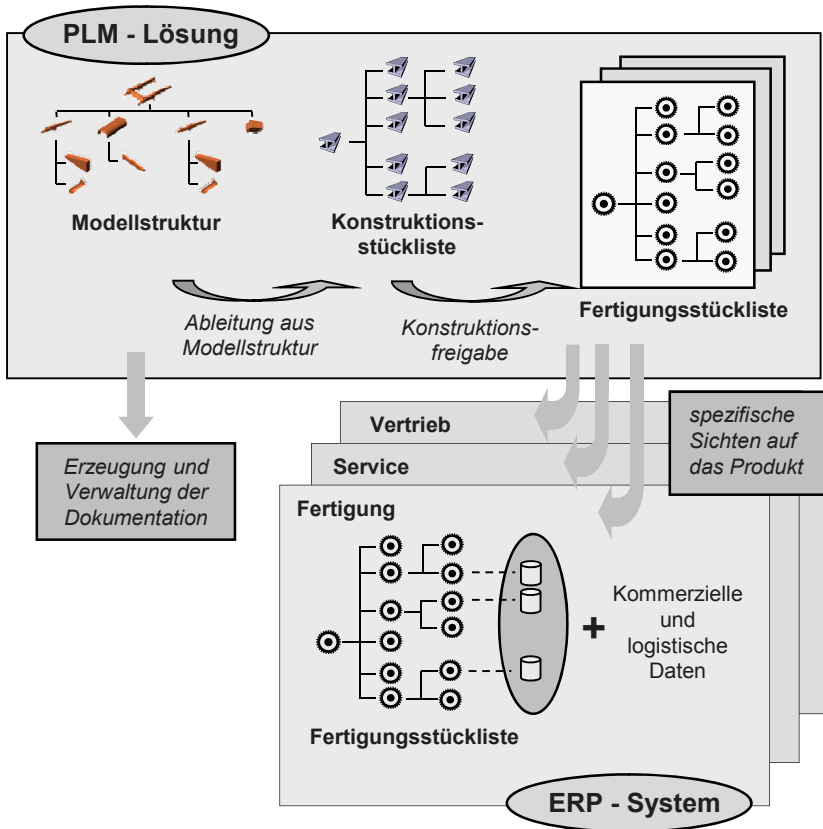


Abb. 8–39 Nutzung des PLM-Systems mit maximaler Funktionalität

Bei Verteilung 2 geht man davon aus, dass die Fertigungsstücklisten ausschließlich im ERP-System verwaltet werden (Abb. 8–40). Dazu wird nach der Konstruktionsfreigabe eine Kopie der Konstruktionsstückliste dem ERP-System übergeben und in diesem die benötigten Fertigungsstücklisten abgeleitet. Kennzeichen dieser Variante sind:

- das ERP-System muss PLM Funktionen teilweise mit übernehmen;

- die Art der Kopplung der Systeme birgt ein hohes Risiko inkonsistenter Daten;
- die Freigabe- und Änderungsprozesse sind komplex, da sie zwischen zwei verschiedenen Applikationen abgestimmt werden müssen;
- das Interface selbst ist recht einfach.

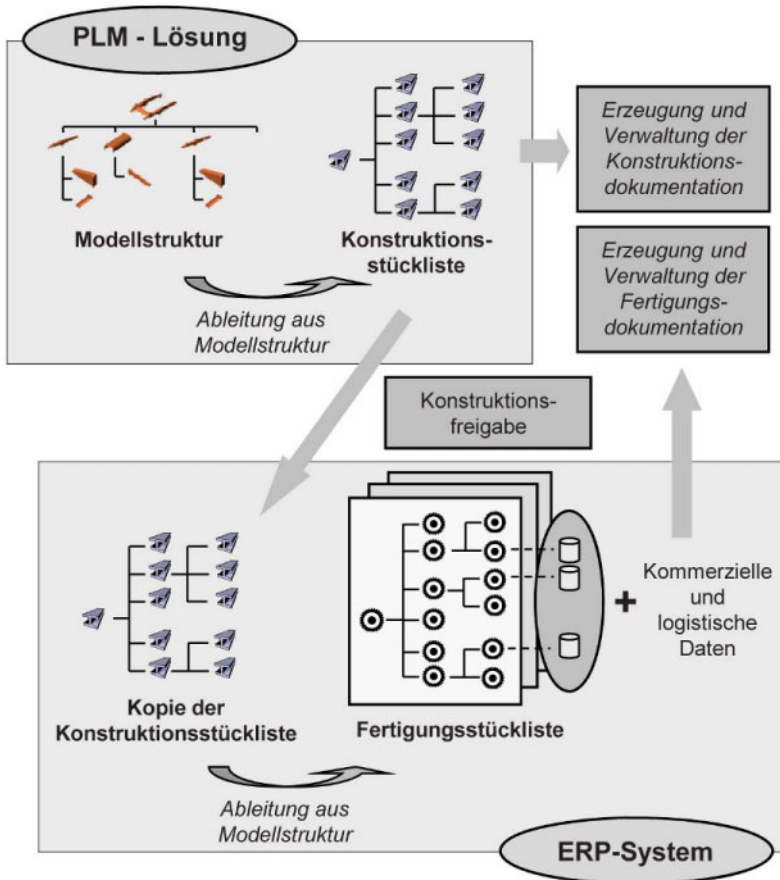


Abb. 8–40 Verteilte Verantwortung zwischen PLM und ERP

Berücksichtigt man, dass die Verantwortung für die Konstruktionsstückliste klar im Entwicklungsbereich liegt und in diesem der PLM-Lösung das wesentliche Arbeitssystem ist und andererseits die Ableitung von Fertigungsunterlagen einschließlich der Fertigungsstückliste klar in den Verantwortungsbereich des ERP-Systems fällt, so kann die Variante nach Abb. 8–40 als die prinzipiell empfehlenswerte angesehen werden. Über Online-Schnittstellen (vgl. PDMenabler; Kap. 9) wäre hier auch ein direkter Zugriff des ERP-Systems auf die PLM-Strukturen denkbar.

Die letzte Variante (Abb. 8–41) schließlich geht davon aus, dass die Modellstrukturen lediglich im ERP-System abgelegt werden. Damit bleibt die PLM-Lösung die zentrale Verwaltungsumgebung für alle CAD relevanten Daten und koordiniert das „concurrent engineering“. Alle anderen Daten, beginnend mit den aus der Modellstruktur abgeleiteten Konstruktionsstücklisten werden im ERP-System verwaltet. Artikelstammdaten werden nur dort angelegt und geändert. Die Dokumentation wird ausschließlich im ERP-System erstellt. Das notwendige Interface ist einfach.

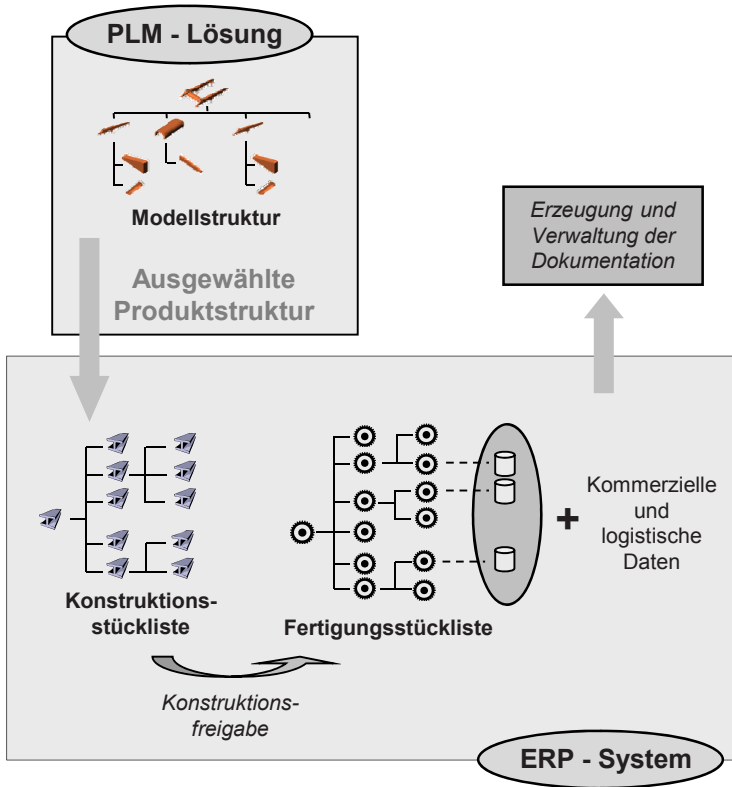


Abb. 8–41 Nutzung des PLM-Systems ausschließlich für CAD-nahe Informationen

8.6.3 Dokumente im ERP-System

Durch seine Vielzahl von Schnittstellen an die diversen Erzeugersysteme wie CAD, EDA oder DTP hat PLM Zugriff auf alle im Entwicklungsprozess anfallenden Dokumente. Nachdem im letzten Abschnitt darüber diskutiert worden ist, welche Varianten es für die Verteilung der Produktstammdaten und Stücklisten gibt, stellt sich nun natürlich auch die Frage, welche Dokumente im ERP-System verfügbar sein müssen. Grundsätzlich wird im ERP-System

nur der Zugriff auf solche Dokumente benötigt, die für die aktuelle Produktion relevant sind (Abb. 8–42). Im PLM werden alle Entwicklungsvarianten dokumentiert. Dies betrifft auch solche, die nie Serienreife erlangt haben oder keinen aktuellen Markt besitzen. Dies ist für künftige Entwicklungsarbeiten sehr wichtig, da in solchen „unfertigen“ oder aus der Produktion genommenen Produkten ein hohes know-how enthalten sein kann. Dem ERP-System werden nur die für die Produktion freigegebenen Produktinformationen zur Verfügung gestellt. Dies betrifft in gleichem Maße auch die Dokumente. Nur die logistisch relevanten Dokumente werden innerhalb der ERP-Anwendung benötigt.

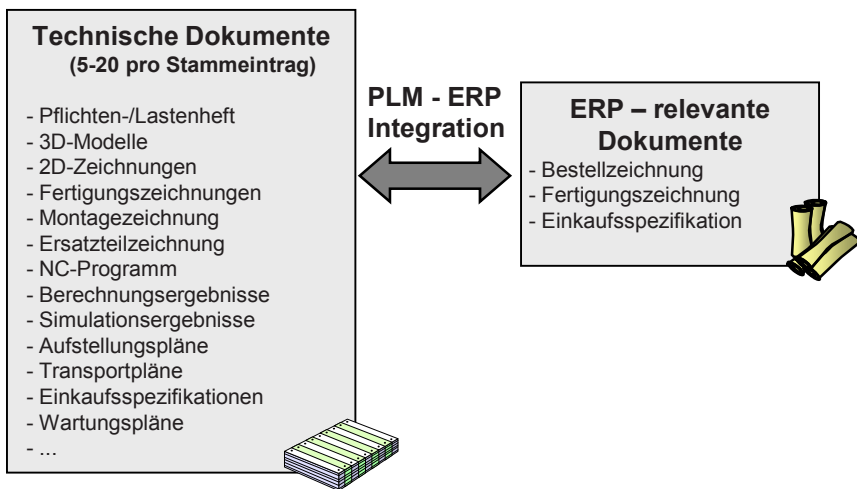


Abb. 8–42 Dokumente im ERP System

Eine sehr elegante Möglichkeit, die sich hier bietet, besteht darin, dass PLM und ERP auf einen gemeinsamen Archivbereich zugreifen können (Abb. 8–43).

Das PLM legt dazu für alle freigegebenen, logistisch relevanten Dokumente einen Anker-Stammsatz im ERP-System an. Dieser dient lediglich zur Identifikation des Dokumentes (einfache Suche direkt im ERP-System) und beinhaltet eine Referenz auf das im gemeinsamen Speicherbereich liegende Dokument. Damit kann dieses Dokument direkt vom ERP-System geladen und über ein geeignetes Programm dargestellt werden. Um diesen Vorgang für alle Dokumente auch ohne Verfügbarkeit der Erstellungssysteme einfach möglich zu machen, wird dabei nur mit neutralen Datenformaten gearbeitet. Diese stellt die PLM-Lösung zur Verfügung, indem es die originalen Dokumentenformate vor der Freigabe in ein geeignetes neutrales Format umwandelt (Abb. 8–44). Durchgesetzt haben sich hier vor allem TIFF für Zeichnungen, .jt für 3D-CAD-Modelle und PDF für Office-Dokumente.

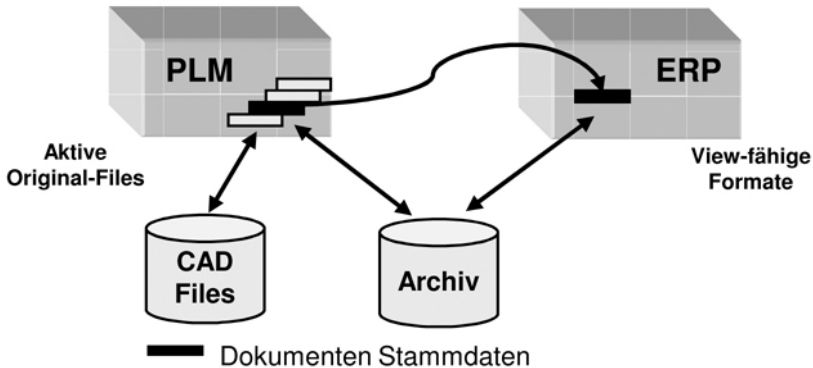


Abb. 8-43 Gemeinsames Dokumentenarchiv von PLM und ERP

Die Hoheit über die Dokumente bleibt beim PLM und wird nur über dieses geändert.

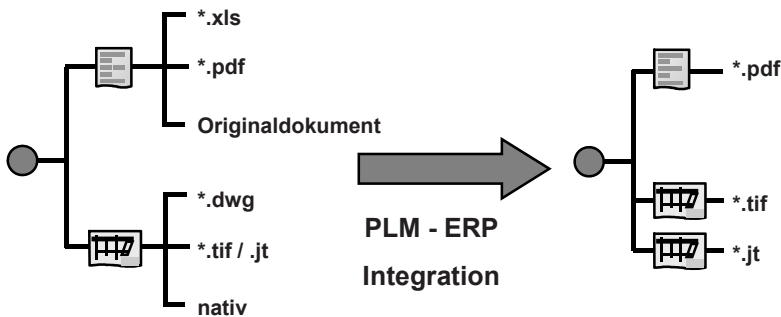


Abb. 8-44 Bereitstellung von Dokumentenformaten für das ERP-System

Literatur

- BEM-05 Bellagio, D.E.; Milligan, T.J. : Software Configuration Management Strategies and IBM Rational ClearCase: A Practical Introduction. Amsterdam: Addison-Wesley Longman 2005
- BOU-03 Bourke, R.W.: New Directions in the Aerospace and Defense Industry: The integration of Product Data Management and Enterprise Resource Planning Systems. PDMIC 2002.
www.pdmic.com/articles/misscrit.html; Zugriff: 2003
- CHD-08 Chadzynski, P.Z.: Communication between the ECAD and the MCAD Design Teams. ProduktDatenJournal 15 (2008) 1
- CHP-07 Chappell, D.: Introducing BizTalk Server 2006 R2. Microsoft Corporation 2007
- CRN-03 Crnkovic, I.; Askund, U.; Dahlqvist, A.P.: Implementing and Integrating ProductData Management and Software Configuration

- Management. Boston/London: Artech House 2003
- DAN-08 Daniel, A.: Development of an integrated functional and mechanical harness design. Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, Lehrstuhl Konstruktionstechnik/CAD 2008
- FRÖ-07 Fröhlich, A.: ECAD/MCAD-Collaboration. ProduktDatenJournal 14 (2007) 1
- GAR-00 Gartner Group: Glossar
http://www.gartner.com/6_help/glossary/GlossaryC.jsp;
Zugriff: Juni 2000
- LEM-00 Lerner, J.; Muschiol, M.: EDM/PDM versus ERP- ein Diskussionsbeitrag. Technische Rundschau 42 (2000) 8
- MKS-08 MKS: MKS Integrity for Software Change and Configuration Management. [Online] 2008. <http://www.mks.com/products/source>;
Zugriff: 19.Oktober 2008
- NIC-05 Nicolaes, Ch.: Wo ERP endet und PLM beginnt. Computerwoche (2005) 31
- NN-04 N.N.: Stärken von PDM und ERP verbinden. CAD CAM (2004) 1
- ROS-08 rosettanet: <http://www.rosettanet.org/cms/sites/RosettaNet/>;
Zugriff: 20.August 2008
- SCÖ-05 Schönherr, M.: Enterprise Applikation Integration (EAI) und Middleware. ERP Management 1(2005) 1
- SHU-06 Schuh, G.: Produktionsplanung und -steuerung: Grundlagen, Gestaltung und Konzepte. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2006
- STE-97 Stelzer, R.: Neue Technologien bei der Integration von CAD- und PDM-Systemen. VDI-Bericht 1357, VDI-Verlag 1997
- TEL-07 Telelogic: Softwarekonfigurationsmanagement. [Online] 2007.
<http://www.telelogic.com/products/synergy>; Zugriff: 15.09.2007

9 Technische Infrastruktur und Systemfunktionen

PLM ist keine in sich abgeschlossene Applikation, sondern eine Lösung, die alle produktrelevanten Informationen und Prozesse in geeigneter Form zusammenführt. Darin enthalten sind sowohl Organisationskonzepte als auch die erforderliche IT-Infrastruktur. Um die Vielfalt der in den vorangegangenen Abschnitten besprochenen Funktionen von PLM-Lösungen erfüllen zu können, ist es erforderlich, neben den für den Endanwender eigentlich interessanten Funktionen auch solche zur Verfügung zu stellen, die die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems garantieren. Dazu zählt die Nutzer- und Berechtigungsverwaltung, Methoden zum sicheren Datentransfer oder auch Verfahren für den Backup der gespeicherten Daten. Zugleich ist es unerlässlich, das Gesamtsystem zu strukturieren. PLM-Lösungen haben im praktischen Einsatz heute eine Vielzahl von sich teilweise widersprechenden Anforderungen zu erfüllen. So sollen sich die Systeme leicht administrieren lassen und möglichst viele Standardkomponenten benutzen. Andererseits fordert man, dass eine möglichst weitgehende Anpassung an die Anforderungen einer bestimmten Einsatzumgebung möglich ist. Die heutigen PLM-Lösungen sind dabei sehr stark geprägt von der Leistungsfähigkeit des enthaltenen PDM-Systems. Diese datenbankbasierte Kernkomponente besitzt wegen ihrer großen Zahl an verfügbaren Modulen ein ausgesprochen komplexes Datenmodell und benötigt besondere Werkzeuge, um den Forderungen entsprechen zu können. Im Folgenden soll nun auf solche typischen Systemeigenschaften eingegangen werden.

9.1 Architektur von PLM-Lösungen

9.1.1 PLM-Schichtenkonzept

PLM-Lösungen erfordern Konzepte, um eine Vielzahl von heterogenen, autonomen Anwendungssystemen zu integrieren. Diese meist prozessorientierte Integration in eine IT-Anwendungsarchitektur, die auch externe Applikationen berücksichtigt, ist Zielstellung des EAI (s. Kap. 8). Eine besondere Stellung nehmen darin solche Anwendungen wie PDM-Systeme ein, die selbst sehr komplex strukturiert sind. Diese Systeme haben eine mehrschichtige Architektur, sind datenbankbasiert, stellen eigene Benutzeroberflächen zur Verfü-

gung und haben Schnittstellen zu anderen Applikationen (z. B. zu CAD-Systemen).

Die Architektur von PLM-Lösungen hat sich im Laufe ihrer Geschichte grundlegend geändert (Abb. 9–1). Die PDM-Systeme Mitte der 80er Jahre waren monolithische Anwendungen. Diese waren durch eine geschlossene Applikation gekennzeichnet, die über eigene Schnittstellen auch den Zugriff auf eine (meist proprietäre) Datenbasis hatten. Mit der immer größeren Bedeutung kommerzieller, meist relationaler Datenbanken entstanden Ende der 80er Jahre Systeme, die statt der eigenen Datenorganisation auf solche Datenbanksysteme aufsetzten und somit schon einen Teil der Verwaltungsfunktionen aus der eigentlichen PLM-Applikation heraustrennten. Man spricht wegen der nun vorhandenen zwei Ebenen von der sog. *two-tier-architecture*. Ihr wesentlicher Vorteil bestand in der höheren Integrität der Datenverwaltung sowie transparenter Datenmodelle. Aus dieser Anwendungsstruktur entstand Anfang der 90er Jahre die *three-tier-architecture* [SHI-95, DAD-96]. Bei dieser wurde die PLM-Applikation nochmals in einen Client-Prozess (Präsentationsfunktionen) und einen Server-Prozess (Anwendungsfunktionen) getrennt. Dadurch wurde es möglich, die Anwendungen auf der direkt beim Anwender befindlichen Software schlanker zu halten und die Gesamtsysteme besser zu verteilen. Typisch war eine 1:1-Zuordnung von Client- und Server-Prozess.

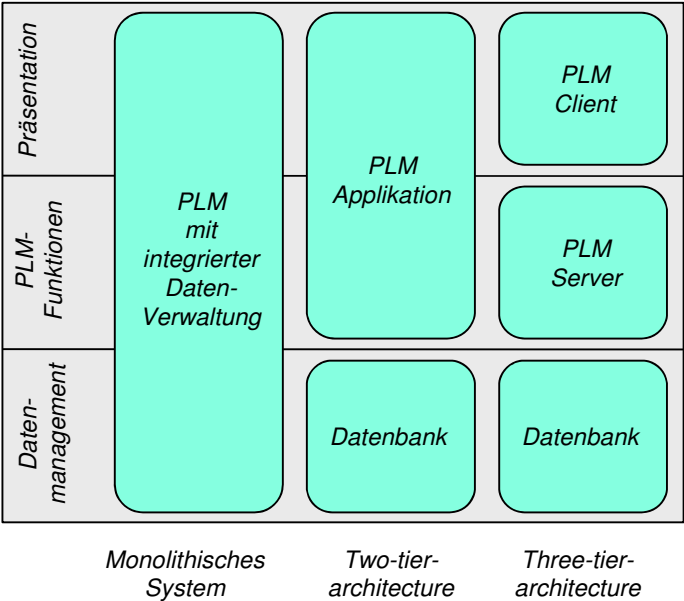


Abb. 9–1 PLM-Architekturkonzepte

Auch moderne Applikationen besitzen noch diese 3-Ebenen-Gliederung. Allerdings hat sich die Technologie in den Schichten grundlegend verändert,

um immer dringenderen Forderungen nach rechnerunabhängiger Implementierung, Zugriff von den verschiedensten Dialoggeräten (speziell auch über das Internet) und immer besserer Verteilung der aufwendigen Geschäftsfunktionen gerecht werden zu können. Im Ergebnis ist heute eine Struktur nach Abb. 9–2 üblich. Auf der untersten Ebene, der *Datenhaltungsschicht*, liegen die Werkzeuge zur Ablage und dem Management aller Daten. Das sind zum einen Datenbanken für alle Stammdaten, die über Datenbankbetriebssysteme manipuliert werden. Für große Datenobjekte, wie dies speziell alle Files der Dokumente sind, ist es heute noch effizient, diese nicht in der Datenbank direkt abzulegen, sonder extern über spezielle Programme, die *File-Server*, direkt auf den Massenspeichern zu verwalten.

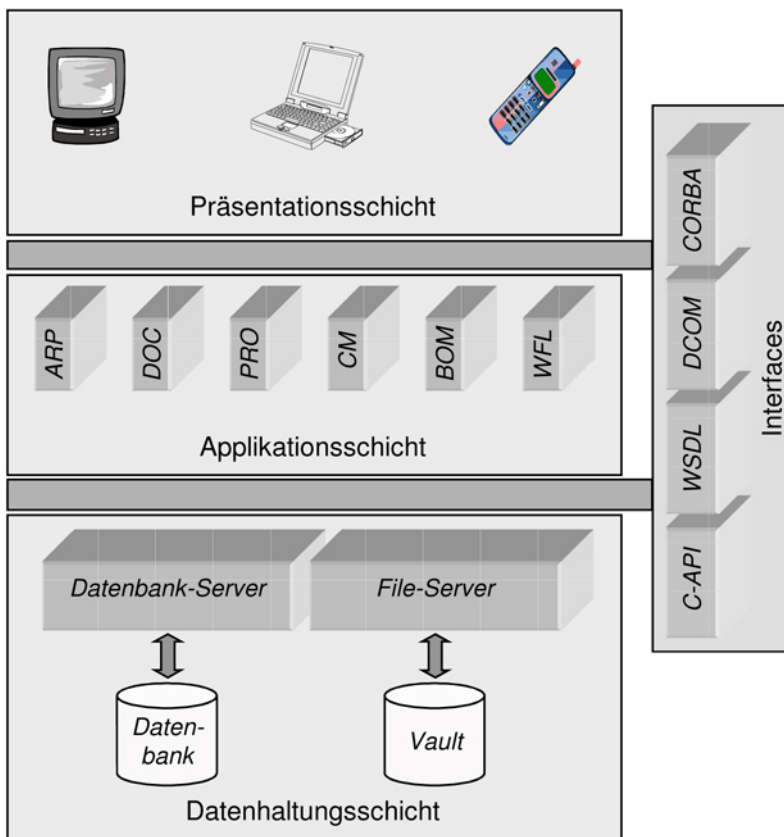


Abb. 9–2 Schichten einer PLM-Lösung

Die eigentliche Geschäftslogik (Artikel- und Dokumentenverwaltung, Projektmanagement, Workflow usw.) wird in der über der Datenhaltungsschicht liegenden *Applikationsschicht* realisiert. Die Konzepte, nach denen die Appli-

kationsfunktionen aufgebaut sind, haben sich in den letzten Jahren sehr gewandelt.

Der Zugriff auf die PLM-Objekte und -Funktionen erfolgt in der obersten Schicht, der *Präsentationsschicht*. Sie ist für die Aufbereitung der Daten und die Kommunikation mit dem Anwender verantwortlich. Da die Zugriffe auf sehr unterschiedliche Weise möglich sind (Desktop-Computer, Laptops, WEB-Browser, mobile Endgeräte), werden hier viele unterschiedliche Technologien angewandt. Auch die Darstellungsformen müssen jeweils an die technischen Möglichkeiten des Dialoggerätes angepasst sein. Zwischen den genannten Schichten werden standardisierte Schnittstellen, wie DCOM oder XML-basierte WEB-Services benutzt. Das vor allem in den 90er Jahren recht populäre CORBA-Protokoll konnte sich dagegen nicht durchsetzen. Über diese Protokolle stehen alle Objekte und Funktionen auch externen Applikationen zur Verfügung. Damit gibt es keine feste Bindung einzelner Client-Server-Kombinationen mehr. Jeder Client nutzt mehrere verschiedene Server-Komponenten, die jeweils wiederum mehrere Clients bedienen können. Man spricht deshalb von der *multi-tier-architecture*. Im Weiteren sollen die einzelnen Schichten näher vorgestellt werden.

9.1.2 Datenhaltungsschicht

Auf dem untersten Level der PLM-Lösung findet man die Datenbank sowie Werkzeuge zur Verwaltung der Files. Heute werden kaum noch eigene Datenbankentwicklungen eingesetzt. Vielmehr nutzt man i. d. R. ein kommerzielles Datenbanksystem (z. B. SQL-Server oder ORACLE).

Bei dem Design einer PLM-Lösung muss hier bereits entschieden werden, welches Datenbankkonzept verwendet wird. Dieses Datenbankkonzept legt Grundprinzipien fest, nach denen Daten abgelegt und miteinander in Beziehung gesetzt werden können [MAR-81]. Heute sind nur noch zwei Konzepte relevant:

- relationale Datenbank (RDBMS)
- objektorientierte Datenbank (ODBMS)

Die meisten Anwendungen nutzen das relationalen Datenbankkonzept auf [GRI-90, MEI-98]. Nach diesem Modell wird jedes Objekt der Realität durch eine Menge von Eigenschaften (z. B. ein Artikel durch seine Nummer, die Benennung, usw.) beschrieben, die in ihrer Gesamtheit auch als Tupel bezeichnet werden. Die Menge aller Tupel der gleichen Art wird Relation genannt. Die Tupel lassen sich gut in Tabellenform darstellen, wobei dann ein derartiges Tupel einer Zeile entspricht und bezogen auf die Anwendung (z. B. ein PDM-System) einen einzelnen Datensatz aufnimmt. Das PDM-System enthält dann entsprechend Abb. 9–3 außer den eigentlichen Nutzerdaten (z. B. den Stammdaten der abgelegten Dokumente bzw. den Dokumenten-Files) auch solche Informationen, die die Struktur und den Aufbau dieser Nutzerda-

ten beschreiben (z. B. den Datentyp eines Stammsatzfeldes; interne Verweise um Strukturen aufbauen zu können).

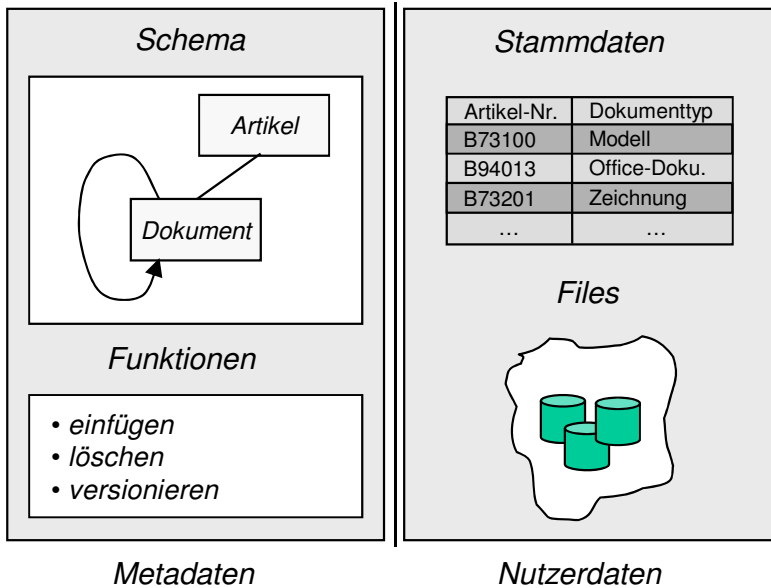


Abb. 9-3 Komponenten in PLM-Lösungen

Bevor man ein solches System anwenden kann, müssen alle benötigten Objekte (wie z. B. Aufbau der Stammdatensätze, Datensätze zur Beschreibung von Strukturen etc.) zuvor definiert werden. Dazu gehören auch Angaben, wie die einzelnen Objekte voneinander abhängen und welche grundlegenden Bedingungen einzuhalten sind, damit die Daten im System konsistent bleiben. In der Datenbanktechnologie spricht man hier von der Definition eines *Datenbankschemas*. Nun sind aber PDM-Systeme vor allem als integraler Bestandteil von PLM-Lösungen Applikationen, die stark strukturierte und vernetzte Objekte aufnehmen müssen und teilweise sehr komplexe Funktionen anbieten. Dadurch machen sich zusätzlich zu den direkt mit den Mitteln der Datenbank beschreibbaren Schemata weitere Definitionen erforderlich. Dazu zählt die Struktur und Organisation aller außerhalb der Datenbank liegenden Objekte (z. B. der Files in den Sicherheitsbereichen), die Art der Datenrepräsentation für einzelne Nutzer oder die Integration in das PLM mit den Schnittstellen zu CAD-Systemen, TDM oder ERP. Fortschrittliche Systeme bieten die Möglichkeit, auch solche Definitionen in einer einfach auswertbaren und vor allem bei Bedarf leicht veränderbaren Form zu speichern. Man spricht dann von einem *Repository*. Das Repository beschreibt über sog. *Metadaten* wie die Daten des Systems während seiner Nutzung angelegt, geändert, abgefragt und gelöscht werden können. Auf der Ebene einer Datenbank wird zwischen Konstrukten zur Definition des Datenbankschemas (der Datendefinitionsspra-

che, DDL) sowie zur Manipulation der Daten selbst (Datenmanipulationssprache, DML) unterschieden. Diese Werkzeuge sind für den Administrator einer PLM-Lösung jedoch nicht ausreichend. Da ein Eingriff in das Modellschema ohne tiefe Kenntnisse des Schemas zu schweren Fehlern führen kann und auch Änderungen durch spätere Versionen des Systems jederzeit möglich sind, ist für den Endanwender eine direkte Nutzung weder der DDL zur Änderung des Modellschemas noch der DML zur Änderung der Daten zulässig. Vielmehr enthält das PDM-System in Systemfunktionen gekapselte Methoden zur Manipulation. Diese garantieren bei ihrer Anwendung immer eine Wahrung der Konsistenz des Gesamtsystems. Fügt man in ein PDM-System unter Anwendung der Manipulationsfunktionen Daten ein (die dann natürlich den im Repository festgelegten Bedingungen entsprechen werden), so entsteht eine *Schemaausprägung*. Jede solche Schemaausprägung ist durch die in der Datenbank abgelegte Metadaten sowie die in den Sicherheitsbereichen gespeicherten Files geprägt. Ein *Sicherheitsbereich* (auch *vault* genannt) ist dabei ein im Betriebssystem reservierter und geschützter Bereich. Meist liegt er auf einer magnetischen Festplatte, jedoch sind Sicherheitsbereiche auch auf anderen Datenträgern, wie Bändern oder CD-ROM's möglich. Die dort abgelegten Files sind dann nur über das PDM-System zugreifbar. Oft sind die Files auch vom PDM-System speziell signiert, um jedem evtl. illegalen Zugriff zu begegnen.

Die Daten, die in den einzelnen Tabellen der Datenbank gespeichert werden, besitzen zur Sicherstellung eines jederzeit konsistenten Zugriffes über das PDM-System eine besondere Struktur, die im Folgenden beschrieben wird. Wie aus Abb. 9-4 ersichtlich ist, besteht jeder Stammsatz aus einem nach außen unsichtbaren Systemteil sowie dem Teil, der die eigentlichen Anwendungsdaten enthält. Die Systemdaten sind für die korrekte Funktion des Systems erforderlich, jedoch vom Nutzer unabhängig und von diesem direkt nicht änderbar. So ist die eindeutige Identifikation der Datensätze eine grundlegende Forderung an das System. Es ist allerdings schwierig, dies unter Nutzung von solchen Daten zu erreichen, die aus der Sicht des Endnutzers relevant sind (z. B. der Zeichnungsnummer der Dokumentensätze). Denn die Definition und Auswahl dieser Daten hängt sehr stark von den Einsatzbedingungen ab. Dabei können sich der Aufbau und die Bedeutung einzelner Felder ändern, es können Felder entfallen oder auch neue Felder mit (aus der Sicht des Nutzers) identifizierender Bedeutung hinzukommen. Aus diesen Gründen besitzen alle Datensätze einen internen, absolut eindeutigen Schlüssel. Dieser wird für alle Abhängigkeiten und Beziehungen des Objektes benutzt, tritt aber nach außen nicht in Erscheinung. Mit der immer großen Bedeutung verteilter PLM-Lösungen, muss dieser Schlüssel sogar nicht nur innerhalb einer Instanz eindeutig sein. Vielmehr besteht die Forderung, weltweit eindeutige Identifikatoren zu benutzen (GUID - global unique identifier). Weiterhin gehören zu den Systemdaten alle weiteren Informationen, die eine klare Zuordnung zu den Eigentümern und eine sichere Zugriffskontrolle durch das System ermöglichen, wie:

- Nutzerkennzeichen (UIC),
- Gruppenkennzeichen (GIC),
- Datum der Erstellung des Satzes,
- Datum der letzten Änderung und
- Zugriffsrechte.

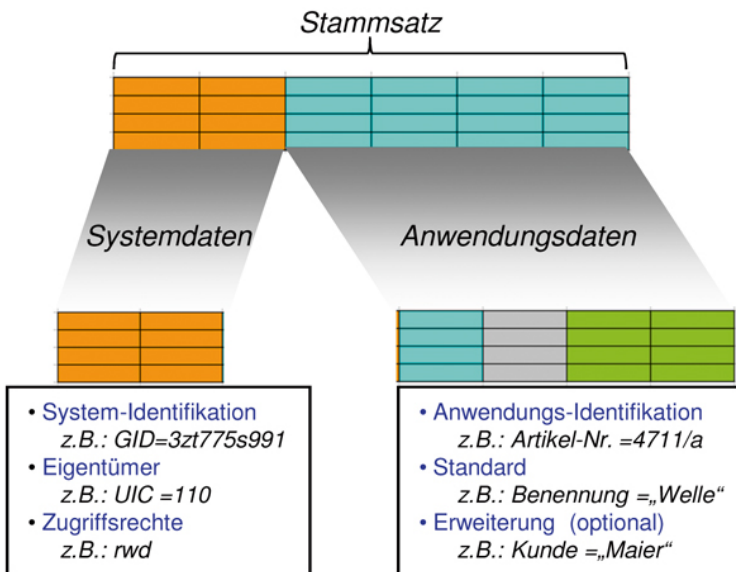


Abb. 9-4 Struktur von Anwendungsstammsätzen

Zu diesen Feldern kommen nun alle eigentlich für den Anwender relevanten Daten hinzu. Diese können ein oder mehrere Felder enthalten, die auch aus der Anwendersicht zu einer eindeutigen Identifikation führen. Das ist in den meisten Fällen sinnvoll, aber nicht zwingend erforderlich. So könnte es durchaus zulässig sein, dass ein Objekt angelegt werden kann, obwohl es keine eindeutige Identifizierung innerhalb der betreffenden Objektklasse besitzt. Man kann solch eine Organisation bei der Artikelverwaltung im Bereich der Einzelfertigung (z. B. dem Werkzeugbau) finden. Da ein Artikel dort meist sowieso nur einmal benötigt wird, wäre es ein unnötiger Aufwand jedem Artikel eine eindeutige Nummer zuzuteilen. Vielmehr wird die Eindeutigkeit über die Einbindung in die Stückliste und die Positionsnummer sichergestellt. Da natürlich auch jeder dieser Posten einen absolut eindeutigen internen Schlüssel besitzt (um den sich der Anwender nicht zu kümmern braucht), hat das PDM-System keine Probleme mit dieser Vorgehensweise. Welche Felder weiterhin benutzt werden, hängt ausschließlich vom Objekttyp sowie den konkreten Einsatzbedingungen ab. Die PLM-Anbieter haben alle nach ihrer Erfahrung üblicherweise benötigten Felder im Standard des Systems vorgesehen. Dieser deckt einfachere Anwendungsfälle ab. Im Rahmen der Systemeinführung kann

jedoch eine Erweiterung um nutzerspezifische Felder jederzeit vorgenommen werden (vgl. Kap. 8.4).

Im Unterschied zu dieser relationalen Modellierung ist die objektorientierte Betrachtung, wie sie in ODBMS verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, dass man nicht mehr zwischen der Modellierung der Daten einer Komponente (z. B. aller Felder, die zur Darstellung eines Dokumentes benötigt werden) und der Definition der zur Arbeit mit dieser Komponente benötigten Funktionen trennt [DIT-89, HEU-92]. Vielmehr wird beides im sog. Objekt gekapselt. Für den Anwender tritt dieses Objekt dann vor allem durch drei Kategorien auf:

- *Eigenschaften*
Eigenschaften von Objekten können gelesen und (falls die Berechtigung vorliegt) geändert werden. Dazu würden solche Eigenschaften, wie Dokumentennummer, Benennung, Werkstoff etc. gehören.
- *Methoden*
Diese umfassen alle erlaubten Funktionen, die auf das Objekt angewandt werden können, wie z. B. „Anlegen eines neuen Dokumentes“, „Löschen eines Dokumentes“, „Check-In des zugeordneten Files“, usw.
- *Ereignisse*
Ereignisse treten auf und aktivieren automatisch bestimmte vordefinierte Funktionen, wenn mit dem betreffenden Objekt bestimmte Änderungen auftreten. Dazu zählen „ein Objekt wird neu angelegt“, „das Objekt wurde gerade geändert“, „das Objekt soll gelöscht werden“.

Weiterhin können Objekte zu komplexeren Objekten zusammengesetzt werden, die dann die Eigenschaften der untergeordneten Objekte erben. Dies ist ein für die komfortable und sichere Erweiterung des Gesamtsystems sehr wichtiges Konzept.

Bisher haben sich Versuche mit ODBMS zu arbeiten noch nicht durchsetzen können. Dies liegt vor allem an den schlechten Werten für die Performance solcher Systeme, die für die Manipulation von vielen 100.000 Daten bei sehr komplexen Strukturen und Beziehungen geeignet sein müssen. Allerdings wird weiter intensiv daran gearbeitet, objektorientierte Datenbanken auch reif für große produktive Systeme zu machen. So werden zunehmend ausgereifte und stärker standardisierte Systeme angeboten. Gestützt wird diese Tendenz auch dadurch, dass die Entwicklung auf der Basis von objektorientierten Ansätzen im Applikationsbereich bereits heute Standard ist. Wenn es möglich wird, diese Objekte auch direkt in der Datenbank zu verwalten, ohne wie heute üblich ein aufwendiges Mapping der Objekte in der Applikationsschicht auf die Tabellenstruktur im RDBMS zu benötigen, so wird ein wesentlich effizienteres Gesamtsystem erreicht und die Entwicklungsaufwände drastisch

reduziert. Als Kompromiss zwischen den beiden besprochenen Ansätzen kann hier die Einbeziehung von objektorientierten Komponenten in relationale Datenbanken (objekt-relationale Systeme; u. a. ORACLE 10g, vgl. dazu auch [LON-00, CFM-07]) angesehen werden. Bei PLM-Lösungen liegt die Handhabung und Modellierung der Objekte zumeist im Applikationsserver. Dieser stellt dem Anwender nach außen Objekte zur Verfügung und bildet diese in der Datenbank auf relationale Strukturen ab. Der Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, dass es dem erfahrenen Administrator möglich ist, die Performance solcher Applikationen durch den gezielten Eingriff in das Datenbankmodell zu optimieren. Dabei stehen ihm alle üblichen Datenbankfeatures, wie Aufbau von Views, setzen von Indizes oder Verteilung der Last auf verschiedene Tablespaces¹ zur Verfügung. Obwohl die Nachbildung von Objekten außerhalb der Datenbank nicht die eleganteste Lösung darstellt, ist die Transparenz und Performance insgesamt häufig noch am besten.

Das Repository einer PLM-Lösung beschreibt, wie die Nutzer-Daten in den Objekten des Datenbanksystems (Tabellen, views, constraints, ...) abgelegt werden. Als Zugriff auf diese Objekte dient bei relationalen Datenbanken die Sprache SQL [GRO-99]. Der Zugriff auf die Datenbank mittels SQL im direkten Dialog ist normalerweise nicht zulässig. Die Gefahr bei derartigen Eingriffen Daten zu zerstören oder die sehr komplexen Konsistenzregeln zu verletzen wäre viel zu groß. Auf der anderen Seite wird SQL aber auch intern von den PLM-Zugriffsfunktionen genutzt. Leider stehen trotz der Normung dieser Zugriffssprache in den einzelnen Datenbanksystemen unterschiedliche Dialekte zur Verfügung. Deshalb ist es nicht möglich mit einer einheitlichen Schnittstelle alle verschiedenen Datenbanken, die in Frage kommen können, einheitlich anzusprechen. Soll in der PLM-Lösung mit mehreren verschiedenen Datenbanksystemen gearbeitet werden, so gibt es die Möglichkeit, eine neutrale Zwischenschicht einzufügen. Diese stellt in Richtung zum Applikationsserver eine einheitliche Schnittstelle zur Verfügung und transformiert die Zugriffe nach unten jeweils auf die spezifischen SQL-Dialekte der einzelnen Datenbanken. Dazu stehen heute eine ganze Reihe von kommerziellen Schnittstellen zur Verfügung. Genannt seien Standards wie ADO.NET [SCE-06] für RDBMS oder CORBA für ODBMS [AMI-99, SHC-00]. Manche Anbieter nutzen aber auch noch eigene proprietäre Schnittstellen.

Wenngleich sich auch bei der Möglichkeit größere Objekte, wie die bei der Dokumentenverwaltung auftretenden Files, direkt in der Datenbank zu verwalten gegenwärtig weitere Fortschritte gemacht werden, wird doch i. d. R. eine vom Datenbanksystem unabhängige Verwaltung vorgezogen. Aus diesem Grunde wird parallel zum Datenbanksystem eine weitere Applikation – der *File-Server* – benutzt. Dieser hat eine Schnittstelle, über die die Dienste der Applikationsebene die Ablage (check-in) und Rückstellung (check-out) der Files veranlassen können. Diese Funktionalität ist ein wichtiger Bestandteil

¹ d. h. einzelne Komponenten der Datenbank werden in verschiedene physikalische Files verteilt, die auch auf unterschiedlichen Ressourcen liegen können

der Datenhaltungsschicht, arbeitet jedoch ohne direkte Verbindung zum Datenbanksystem. Nur über Funktionen der Applikationsschicht, wird die Konsistenz von File-Dienst und Datenbank gesichert. Dies ist ein wesentlicher Nachteil, so dass künftig die Datenbank auch zum Management der Files wohl zunehmend direkt benutzt wird. Detailliertere Ausführungen zur Arbeitsweise des File-Servers können in Kap. 8 nachgelesen werden.

9.1.3 Applikationsschicht

Die Objekte der Datenhaltungsschicht sind (aus Anwendungssicht) sehr einfacher Natur. Ein Arbeiten mit diesen ist deshalb sehr entfernt von den im jeweiligen Fachbereich üblichen Objekten und Funktionen. Es ist deshalb erforderlich, oberhalb dieser Ebene Mittel anzubieten, die für den Aufbau solcher Objekte geeignet sind, welche der Sicht des Anwenders möglichst entsprechen (Abb. 9–5).

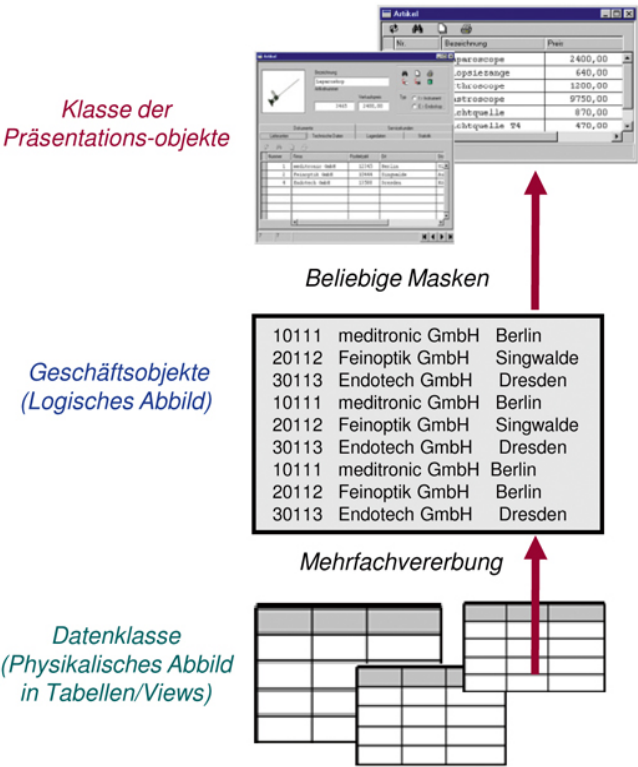


Abb. 9–5 Schemaebenen eines PLM-Lösung (Quelle: PISA GmbH)

Man nennt diese Objekte *Geschäftsobjekte*, oder im englischen *Business-Objects*. Die Geschäftsobjekte setzen auf den Elementen der Datenebene

auf. Sie fassen einzelne oder mehrere der dort beschriebenen Objekte (also im einfachsten Fall Tabellen) so zusammen, dass alle für den technischen Sachverhalt benötigten Informationen enthalten sind. Abbildung 9–6 zeigt dies am Beispiel des Geschäftsobjektes „Stückliste“. Dabei wird auf die Datenobjekte „Artikel“ und „Artikel-Artikel-Zuordnung“ zugegriffen und die für die gewünschte Stücklistensicht benötigten Informationen berücksichtigt. Es ist damit möglich mehrere Geschäftsobjekte zu definieren, die auf die gleichen Datenobjekte aufbauen (z. B. kann eine zweite Stücklistensicht aus den Datenobjekten festgelegt werden). Weiterhin können diese Geschäftsobjekte auch wiederum aus Ihresgleichen aufgebaut sein. Diese Strukturierung hat mehrere Vorteile. Zum einen erleichtern sie die Wartung eines solchen Systems drastisch, da häufig benötigte Objekte nur einmal definiert werden müssen. Zum anderen lässt sich damit natürlich auch die Fehleranfälligkeit einschränken, da die geringere notwendige Zahl solcher Objekte es ermöglicht, diese auch gründlicher auszutesten. Auf der Ebene der Geschäftsobjekte wird noch keinerlei Festlegung über die Darstellung der Informationen gemacht. Dies erfolgt erst in der darüber liegenden *Präsentationsebene* (vgl. Abschn. 9.1.4).

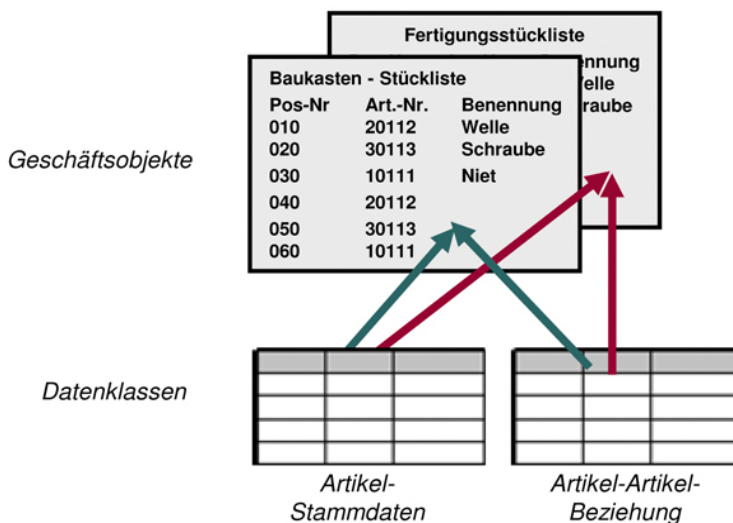


Abb. 9–6 Ableitung von Geschäftsobjekten aus Datenklassen

Die business-objects werden in der Applikationsschicht bereitgestellt. Traditionell übernimmt dies ein sog. *Server*. Server zeichnen sich dadurch aus, dass sie auf der einen Seite den Zugriff auf die Objekte der Datenbank bzw. des File-Servers organisieren und auf der anderen Seite die Benutzungsoberfläche bedienen. Durch diese Trennung, besonders zwischen Präsentation auf der *Client-Seite* und Funktionalität auf der *Server-Seite*, wird es möglich, auf-

wendige Funktionen vom Anwender fern zu halten, die Applikation auf dem Client-Rechner klein zu halten und Server-Dienste zentral zur Verfügung stellen zu können.

Wie bereits bei der Diskussion der Datenbanken erwähnt, stellen die Applikationsserver heute im Falle der Arbeit mit einem RDBMS auch die eigentlich benötigten Objekte zur Verfügung, d. h. sie transformieren unter Nutzung des PLM-Repositories die relational gespeicherten Elemente der Datenbank in die relevanten Geschäftsobjekte. Da dieser Server den Großteil der Funktionalität bereitstellen muss, handelt es sich um eine sehr aufwendige Komponente. Auf der anderen Seite benötigt kaum ein Anwender alle Funktionen, die in einer PLM-Lösung prinzipiell angeboten werden. Aus diesem Grund sind PLM-Server modular aufgebaut. Ein Modul umfasst alle für eine funktionelle Einheit benötigten Ressourcen. Solch typische Moduln sind „Dokumentenmanagement“, „Produktstrukturen“, „Workflow“ usw.

Applikationsserver müssen für alle aktiven Nutzer jeweils getrennte Ressourcen verwalten. Dies kann nach unterschiedlichen Methoden geschehen. Im einfachsten Fall wird für jeden Nutzer ein eigener Applikationsserver gestartet (Abb. 9–7).

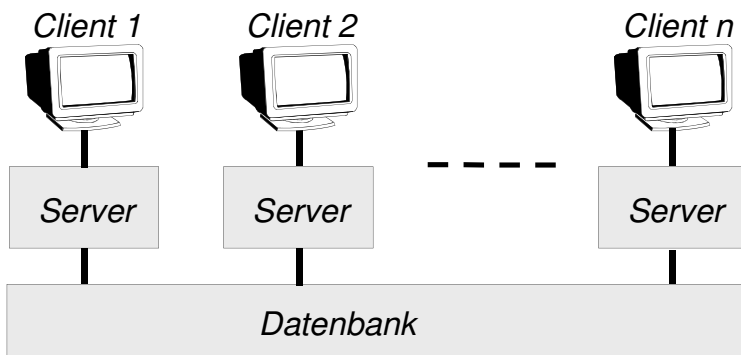


Abb. 9–7 Applikations-Server als Bestandteil einer three-tier-Architektur

Dies hat den Vorteil, dass sich die unterschiedlichen Ressourcen der Anwender in einfacher Form trennen lassen. Das Problem eines Nutzers, der zum Absturz oder der Blockierung eines Serverprozesses führt, hat keine Einflüsse auf andere Nutzer. Allerdings fordert diese Variante auch die größten Systemressourcen. Deshalb wird für die Variante der Serverprozess oft mit auf dem Arbeitsplatzrechner des Anwenders gestartet, auf dem auch die Benutzungsoberfläche läuft. Problematisch wird dies jedoch bei allen Anwendungen, wo der Serverprozess zentral arbeiten muss (z. B. bei allen Intra- oder Internetzugriffen). Günstiger ist es in diesem Fall, wenn entsprechend Abb. 9–8 mehrere Nutzer auf einen gemeinsamen Server zugreifen können. Sie teilen sich dann alle nicht auf einen Anwender festgelegten Ressourcen und bekommen

individuell jeweils einen eigenen Adressraum bereitgestellt (Thread). Damit steigt zwar die Abhängigkeit dieser Nutzergruppe, die Belastung des Systems sinkt jedoch.

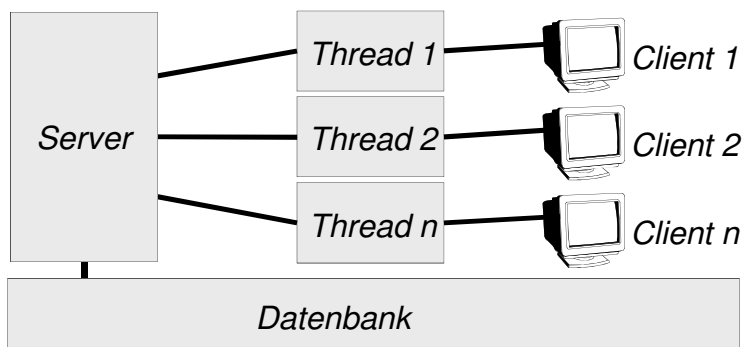


Abb. 9–8. Applikationsserver mit Thread-Struktur

9.1.4 Service-orientierte Architekturen

Mit der Erweiterung des PDM zu umfassenden PLM-Lösungen stößt jedoch auch dieser Ansatz an seine Grenzen. Die erweiterte Zielstellung von PLM macht es erforderlich eine immer größere Zahl von Funktionen auf einer stetig wachsenden Datenmenge in verteilten Umgebungen nutzen zu müssen. Da PLM keine homogene Applikation ist, kann man auch nicht mehr davon ausgehen, dass die gerade benötigte Funktion auf einem vorab bekannten Rechner und in einer vorab bekannten Anwendung verfügbar ist. Vielmehr wird eine Architektur benötigt, die in gewisser Weise mit der gewohnten Nutzung des Internets vergleichbar ist. Benötigt man dort eine bestimmte Information, so sendet man eine Suchanfrage an eine Suchmaschine. Ermittelt diese in ihrem Verzeichnis eine geeignete Internetadresse, so kann man sich dort-hin weiterleiten lassen und erhält die gewünschte Information. Dieses Anliegen auf die Anforderungen von verteilt laufenden Applikationen übertragen, führt zu einer sehr aktuellen Technologie – den *Web-Services* [ERL-04, MEL-05]. Dabei werden alle abgrenzbaren Funktionen innerhalb der PLM-Lösung zu selbstständigen Prozessen, die nach einem festgelegten Protokoll auf vorgegebene Anfragen bestimmte Ergebnisse liefern bzw. Aktionen auslösen. Man nennt sie *Dienst* bzw. *Service*. Serviceorientierte Architekturen gelten heute allgemein als wichtiger Erfolgsfaktor für IT-Systeme [EBB-07, KAT-07, VOR-07]. Orientieren sich PLM-Lösungen auf die Verfügbarkeit, Verteilung und Nutzung derartiger Dienste, so spricht man von einer dienstorientierten Architektur (*service oriented architecture*; kurz: SOA). Der Begriff SOA wurde 1996 von dem Marktforschungsunternehmen Gartner eingeführt [BLJ-08].

Nach der heute oft benutzten Beschreibung von OASIS² ist SOA ein Paradigma für die Strukturierung und Nutzung verteilter Funktionalitäten unterschiedlicher Anbieter. Da in verteilten Systemen die Kommunikation heute zumeist über das Internet (World Wide Web - WWW) durchgeführt wird, müssen diese Services im Internet verfügbar sein. Dies erfordert die Einhaltung einer Reihe von Restriktionen und führt dann zu den *Web-Services*. Dieses Konzept basiert auf drei grundlegenden Vorgängen (Abb. 9–9)

- dem Anbieten eines verfügbaren Service,
- dem Suchen und Finden eines geeigneten Service und
- der Nutzung dieses Service.

Jeder Dienst kann als ein Objekt aufgefasst werden, das bestimmte Methoden bereitstellt, um auf definierte Anfragen (Eingangsdaten) bestimmte Ausgangsdaten zur Verfügung zu stellen. Zur Beschreibung eines solchen Web-Service wird die Web Services Description Language (WSDL) benutzt. Diese stellt eine plattform-, programmiersprachen- und protokollunabhängige XML-Spezifikation zur Beschreibung von Netzwerkdiensten (Web Services) dar.

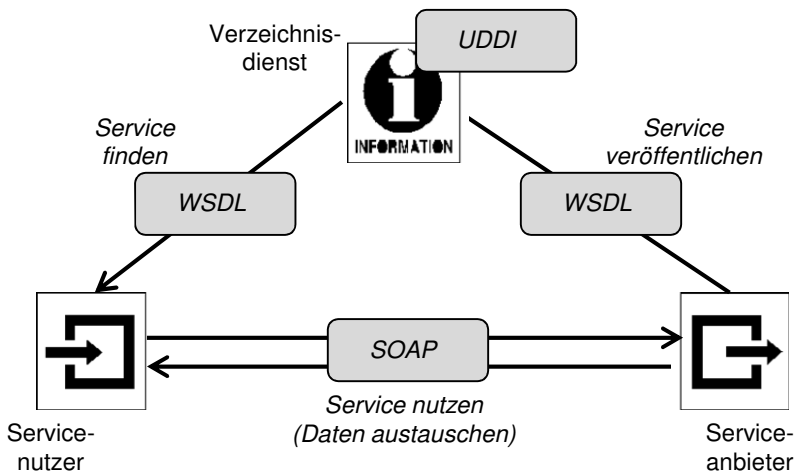


Abb. 9–9 Funktionsprinzip eines Web-Service

WSDL ist eine Metasprache, die geeignet ist, die angebotenen Funktionen, Daten, Datentypen und Austauschprotokolle des Web-Service zu beschreiben. Der Anbieter eines Dienstes beschreibt nun mittels WSDL alle erforderlichen und für die Veröffentlichung vorgesehenen Objekte, speichert sie lokal in seinem Repository und registriert sie für die Anwendung in einem sog. *Verzeichnisdienst* (auch: *Broker* genannt). Aktuell wird dazu vor allem das standardisierte Verzeichnis *Universal Description, Discovery and Integration*

² Organization for the Advancement of Structured Information Standards

(UDDI) verwendet. Er enthält Unternehmen, ihre Daten und ihre Services. UDDI unterscheidet dabei drei Arten von Informationen:

- *White Pages*
 - eine Art Telefonbuch,
 - enthält Namensregister, sortiert nach Namen,
 - Auflistung der Anbieter mit allen Detailangaben;
- *Yellow Pages*
 - die elektronische Entsprechung der „Gelben Seiten“,
 - Branchenverzeichnis,
 - Verweist auf White Pages;
- *Green Pages*
 - Informationen über das Geschäftsmodell des Unternehmens,
 - Technische Details zu den angebotenen Web Services,
 - Auskunft über Geschäftsprozesse.

Allerdings muss man bzgl. dieses Verzeichnisdienstes die Entwicklung der nächsten Jahre abwarten. Denn mehrere der größten Unterstützer von UDDI (u. a. IBM, Microsoft, SAP) haben angekündigt an neuen Standards zu arbeiten bzw. eigene proprietäre Lösungen anzubieten [MCK-07].

Hat ein Nutzer (bzw. eine bestimmte Applikation) beim Broker einen geeigneten Dienst gefunden, so kann er nun den eigentlichen Aufruf starten und den Web-Service nutzen. Die Kommunikation zwischen den beteiligten Instanzen erfolgt auf der Basis XML-basierter Nachrichten. Als Protokoll, welches u. a. die Regeln für das Nachrichtendesign enthält und regelt, wie die Daten in der Nachricht abzubilden und zu interpretieren sind, hat sich vor allem SOAP³ etabliert [SRE-07]. Wird dieses Konzept auf PLM-Lösungen angewandt, so startet ein Nutzer am Client nur noch einen sehr schlanken eigenen Prozess, der die nutzerspezifischen Daten sowie Statusinformationen enthält. Zur Ausführung von PLM-Funktionen ruft dann dieser Anwenderprozess den jeweils benötigten Web-Service auf. Es ist dabei für ihn völlig irrelevant, wo dieser Dienst gerade verfügbar ist. Der Dienst führt die erwartete Operation aus und stellt dem Client die angeforderten Daten zur Verfügung. Diese Art von verteilten Prozessen zeichnet sich dadurch aus, dass sie sich bei großen Anwendungen sehr flexibel an unterschiedliche verfügbare Ressourcen anpassen lässt. So ist es nicht mehr erforderlich, dass alle Dienste auf einem Rechner laufen. Auch können sehr intensiv genutzte Dienste mehrfach laufen. Damit werden Web-Services gerade für PLM-Lösungen eine zunehmend wichtige Rolle einnehmen. Dem entspricht nicht nur die hervorragende Eignung für über das Internet verfügbare Dienste, sondern auch die Unterstützung hochperformanter, skalierbarer und robuster Applikationen [ABK-02]. Auch die Möglichkeit derartige Komponenten für die Kommunikation zwischen den

³ ursprünglich für *Simple Object Access Protocol*; offiziell aber heute nicht mehr als Akronym benutzt

verschiedenen Anwendungen selbst nutzen zu können, kommt einer PLM-Infrastruktur, die zunehmend durch verteilte Anwendungen und die notwendige Integration in weitere Unternehmensapplikationen gekennzeichnet ist, entgegen. Nach [FEL-08] sprechen vor allem folgende Eigenschaften von PLM-Lösungen für die Nutzung von SOA:

- PLM-Lösungen und die zugrunde liegenden Prozesse sind extrem abhängig von der organisatorischen Einheit sowie der bearbeiteten Projekte.
- Produktdaten zeichnen sich durch sehr komplexe Strukturen aus.
- Prozessbeteiligte benötigen die Produktdaten (sowohl die Metadaten als auch die nativen Files) jeweils in unterschiedlichen Formaten und unterschiedlicher Granularität.
- Eine sehr große Anzahl unterschiedlicher Applikationen sind an einer PLM-Lösung beteiligt.

Abbildung 9–10 zeigt am Beispiel der Middleware PiSAcubes© die mögliche Integration von Web-Services in ein PLM-Konzept.

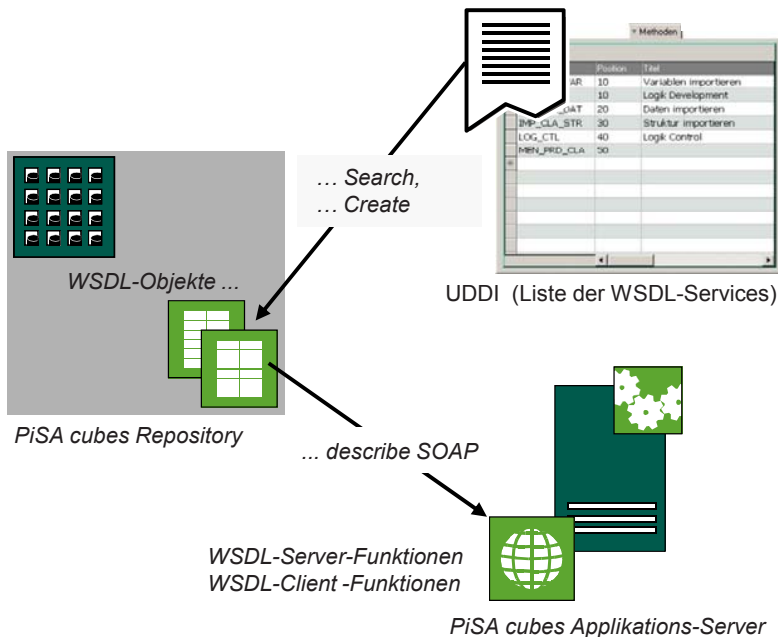


Abb. 9–10 Web-Services als Komponente einer middle-ware (Quelle: PiSA cubes; PiSA GmbH)

Harris berichtet in [HAR-07] über Erfahrungen mit einer SOA-gesteuerten PLM-Integration. Eine in [IBM-06] vorgestellte Analyse von 35 weltweiten Industrieprojekten ergab, dass bei SOA-basierten Systemarchitekturen insbe-

sondere mit einer deutlich erhöhten Flexibilität (100% der Projekte) bei reduzierten Systemkosten (97%) und verringertem Risiko (71%) zu rechnen ist.

9.1.5 Benutzungsoberfläche

Aus der Sicht der Anwender kommt gerade der Benutzungsoberfläche des PDM-Systems eine besondere Bedeutung zu. Sie ist für eine einfache und fehlerrobuste Kommunikation zuständig, soll die benötigten Funktionen mit wenigen Handgriffen zugänglich machen und alle Daten übersichtlich darstellen.

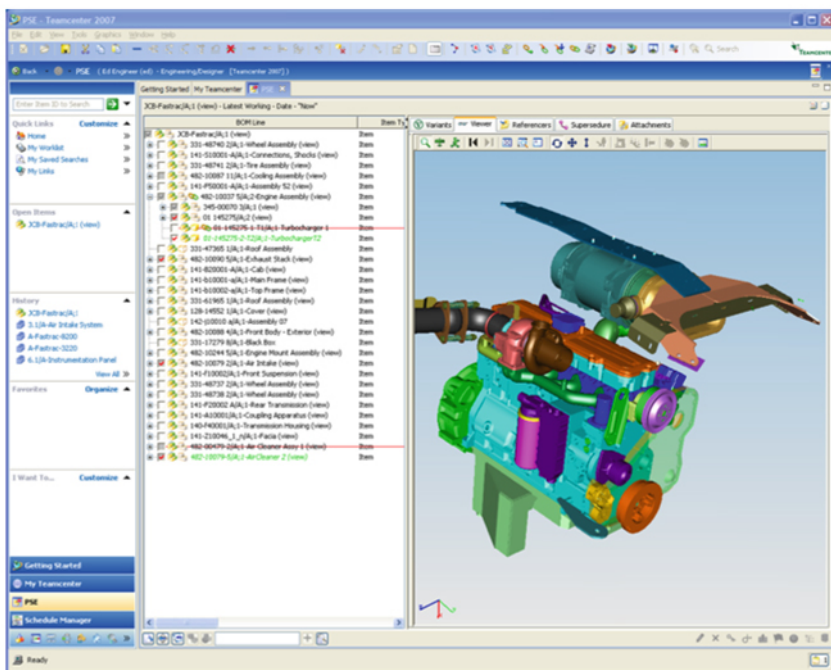


Abb. 9-11 WINDOWS-konforme Benutzungsoberfläche (Quelle: Siemens PLM Teamcenter®)

In den letzten Jahren hat sich bei den Standards der Oberflächen sehr viel getan. Noch Anfang der 90er Jahre waren alphanumerische Displays üblich. Simulationen graphischer Oberflächen waren der erste Versuch einen höheren Grad an Bedienkomfort zu erreichen. Bis Mitte der 90er Jahre entwickelten sich dann graphische Oberflächen auf der Basis solcher Standards, wie MO-TIF. Eine revolutionäre Entwicklung kam mit der immer verbreiteteren Nutzung von WINDOWS basierten Arbeitsplatzrechnern. Hier war es plötzlich möglich mit relativ geringem Aufwand Oberflächen auf höchstem Niveau zu entwickeln. Außerdem kam als entscheidender Vorteil hinzu, dass durch die weite Verbreitung solch typischer Anwendungsprogramme, wie MS-WORD,

MS-EXCEL oder MS-POWERPOINT, ein großer Nutzerkreis bereits gut mit solchen Oberflächen zurecht kam. So entwickelte sich ein quasi-Standard auch für alle anderen Applikationen, natürlich auch für PDM-Systeme. Maßstab ist dabei, dem von den typischen Office-Applikationen vorgegebenen Standard so nahe wie nur möglich zu kommen. Abbildung 9–11 zeigt ein Beispiel eines derartigen Clients.

Trotz einer Reihe von neueren bzw. alternativen Lösungsvarianten ist die Popularität der WINDOWS-Oberflächen ungebrochen. Dies gilt selbst für andere Systemumgebungen, wie z. B. LINUX, die dann soweit möglich angepasste Oberflächenkomponenten anbieten. Schon auf Grund der fast unbegrenzten Verfügbarkeit von graphischen Komponenten, die bei der Gestaltung solcher Oberflächen genutzt werden können, gibt es keinen Standard für derartige Clients. Trotzdem hat sich mehr oder weniger eine Aufteilung durchgesetzt, die sich am WINDOWS-Explorer orientiert. Dabei sind folgende Bereiche typisch (Abb. 9–11):

- *Browser*
Um Strukturen und Abhängigkeiten von PDM-Objekten besser visualisieren zu können wird oft ein Explorer-ähnlicher Browser auf der linken Seite des Clients angeboten. Das zugrunde liegende Konzept wurde zur Anzeige von Dateistrukturen entwickelt und eignet sich damit auch sehr gut zur Darstellung von hierarchischen Strukturen (Stücklisten, Dokumentenstrukturen, ...). Da das Produktmodell jedoch eine Vielzahl weiterer Abhängigkeiten enthält (Artikel zu Dokument, Dokument zu Files, ...) stößt diese Darstellung in ihrer einfachen Form schnell an ihre Grenzen. Viele Anbieter versuchen deshalb, die einfache Explorer-Darstellung durch Hinzufügen weiterer graphischer Elemente zu erweitern. Insbesondere, wenn es um die Darstellung komplizierterer netzwerkförmiger Beziehungen geht, wie dies bei Workflow-Modellen der Fall ist, werden auch grafische Browser eingesetzt, die dann wesentlich umfangreichere Möglichkeiten der Gestaltung bieten.
- *Stammdaten*
Details der Stammdaten werden meist auf der rechten Seite in Form von Listen oder Formularen angeboten.
- *Graphische Vorschau*
Die Geometrie von Dokumenten wird in Ergänzung der reinen Stammdaten in einem eigenen Fenster dargestellt. Dazu sind in die Clients Viewer eingebunden, die sowohl zur Visualisierung von 2D-Darstellungen (z. B. TIFF, PDF; u. a. im *Imagination*© von Spicer) als auch von 3D-Modellen (VRML, JT; u. a. im *JT2Go Viewer* von Siemens/PLM) geeignet sind.

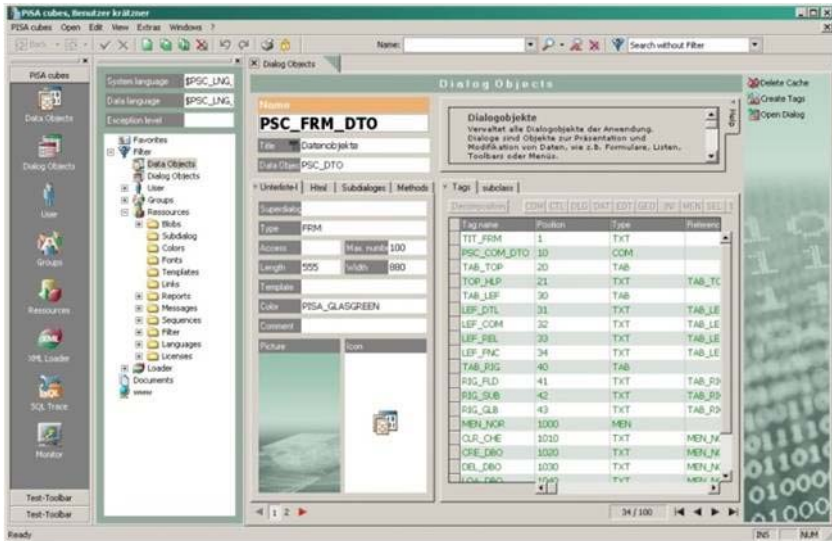


Abb. 9–12 Office-konformer Client mit Outlook-Sidebar (Quelle: PiSA GmbH)

Als sehr komfortabel erweisen sich die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von ActiveX-Komponenten unter WINDOWS. Solche Komponenten enthalten eine gekapselte Oberfläche und/oder Funktionalität. Dadurch ist der Gestaltung derartiger Oberflächen fast keine Grenze mehr gesetzt und alle vor allem aus den diversen Office-Anwendungen bekannten Features stehen zur Verfügung (vgl. Abb. 9–12). Soll ein Dokument im PDM-System bearbeitet werden, dessen zugehörige Applikation selbst ActiveX-fähig ist, so kann man die Bearbeitungsfunktionen direkt im PDM-Client benutzen, der dann direkt in seiner Oberfläche die Funktionen der Fremdapplikation anbietet. Dies ist für den Anwender natürlich ein sehr elegantes Angebot, da er nicht in eine andere Oberfläche wechseln muss.

Allerdings muss man dabei auch beachten, dass derartig „angepasste“ Oberflächen sehr änderungsintensiv sind, da die Nutzer meist erwarten, dass das Layout bei Änderungen dem der Vorbildapplikationen folgt. An dieser Stelle sei auch auf eine vor allem für den gelegentlichen Nutzer sehr interessante Möglichkeit hingewiesen. Steht die PDM-Funktionalität in Form von ActiveX-Komponenten zur Verfügung, so kann man diese auch direkt in den Windows-Explorer einbinden. Dann kann man genau so, wie man seine Files auf den diversen Datenträger (Floppy, Magnetplatten, ...) oder im Netz benutzt, auch auf die Daten des PDM-Systems zugreifen (Abb. 9–13). Dabei erscheint das PDM-System als virtuelles Gerät. Beim Öffnen dieses Gerätes erfolgt der übliche Anmeldevorgang. Anschließend stehen in der gleichen Form, wie man sonst im Explorer üblicherweise seine Dateien sehen kann, alle Komponenten, wie Dokumente oder Artikel zur Verfügung. Von dort kann man dann z. B.

leicht den zu einem Dokument gehörigen File auschecken und in das dazugehörige Programm laden.

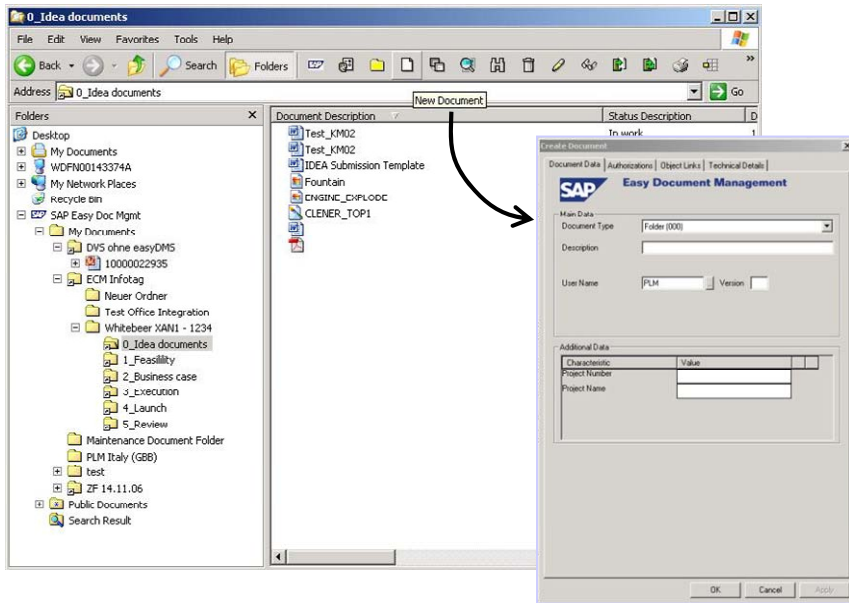


Abb. 9-13 Shell-Extension für PDM-Daten (Quelle: SAP AG)

Problematisch wird die ungeheure Vielfalt von Funktionen und Oberflächenelementen, die in den besprochenen WINDOWS-Umgebungen nutzbar sind für alle Anbieter und Anwender, die andere Umgebungen, wie Unix⁴, unterstützen müssen. Zwar wird, wie bereits ausgeführt, auch hier versucht einen vergleichbaren Komfort anzubieten, allerdings sind diesen Bestrebungen enge Grenzen gesetzt. Vor allem stehen hier keine der ActiveX-Komponenten zur Verfügung und auch die unter WINDOWS gebräuchliche DCOM-Kommunikation zwischen den Anwendungen und Komponenten ist nicht nutzbar. Speziell unter Unix bieten sich folgende Lösungen an:

- *Emulation*

Es ist möglich, unter Unix eine WINDOWS-konforme Oberfläche zu simulieren. Solche Produkte geben die Möglichkeit, WINDOWS-Clients direkt unter UNIX laufen zu lassen. Allerdings ist die Voraussetzung, dass die Server-Prozesse weiterhin auf einem WINDOWS-Rechner laufen. Dies ist eine für alle Unternehmen,

⁴ Im Unterschied zu UNIX, welches für zertifizierte Systeme der sog. Open Group steht, verwendet man üblicherweise Unix als Bezeichnung für unixartige Systeme wie auch z. B. LINUX.

die völlig auf die Nutzung von Unix setzen, ein großes Problem. Versuche, auch die Server-Prozesse zu emulieren, haben sich in der Praxis nicht bewährt.

- *nativer Unix-Client*

Um die Unix-Spezifika optimal zu unterstützen, wird in vielen Fällen ein spezieller Client für dieses Betriebssystem angeboten. Dieser ist dann mit einem Unix-Grafik-Tool (z. B. Tcl/Tk [OUS-99]) erstellt. Damit ist es zwar möglich, das gewohnte Verhalten der Oberfläche weitgehend zu erreichen, allerdings ist der Aufwand für den Anbieter wegen der notwendigen Doppelentwicklung recht groß. Gleichfalls muss beim Customizing der Oberfläche damit gerechnet werden, dass sich einzelne Komponenten in den verschiedenen Systemumgebungen unterschiedlich verhalten oder auch evtl. gar nicht zur Verfügung stehen. So ist es natürlich nicht möglich neue ActiveX-Komponenten, die man z. B. für den WINDOWS-Client einsetzen will, auch unter Unix zu nutzen.

- *WEB-Client*

Nicht nur für Unix-Umgebungen sind vor allem WEB-Clients eine adäquate Lösung. Da die Unternehmen sowieso auf die Verfügbarkeit eines WEB-Zugriffes angewiesen sind und damit die zugehörige Oberfläche betreuen müssen, bietet sich an, diese auch als Standardlösung für Unix zu verwenden. Da das WEB-Interface weit über die Nutzung in Unix-Umgebungen hinaus Bedeutung hat, muss diese Oberfläche ausführlicher besprochen werden.

Der große Vorteil dieser meist HTML-basierten WEB-Clients ist, dass sie in einem Internet-Browser (Internet Explorer, Firefox etc.) angezeigt werden können (Abb. 9–14).

Damit gestatten Web-Interfaces einen einfachen Zugriff auf die Applikationen der PLM-Lösung ohne einen speziellen Client installieren zu müssen. Diese Oberflächen sind prädestiniert für

- *Intranet*

Viele Firmen haben bereits umfangreich ausgebaute Intranet-Lösungen, die einem großen Kreis von betriebsinternen Nutzern den einfachen Zugriff auf ein großes Reservoir von wichtigen Informationen gestatten. Es bietet sich deshalb an, auch den Zugriff zum PDM-System in dieses Informationsgeflecht einzubinden.

- *Internet*

Speziell, wenn das Unternehmen B2B Lösungen anbietet (z. B. einen Produktkonfigurator) ist ein direkter Zugriff auf Informationen im PDM-System notwendig. Dieser kann in einfacher Form über einen WEB-Client erfolgen.

- *Systemunabhängigen Zugriff*

Für alle Systemumgebungen, in denen kein nativer Client zur Verfügung steht, kann auf unabhängig arbeitenden WEB-Anwendungen zugegriffen werden.

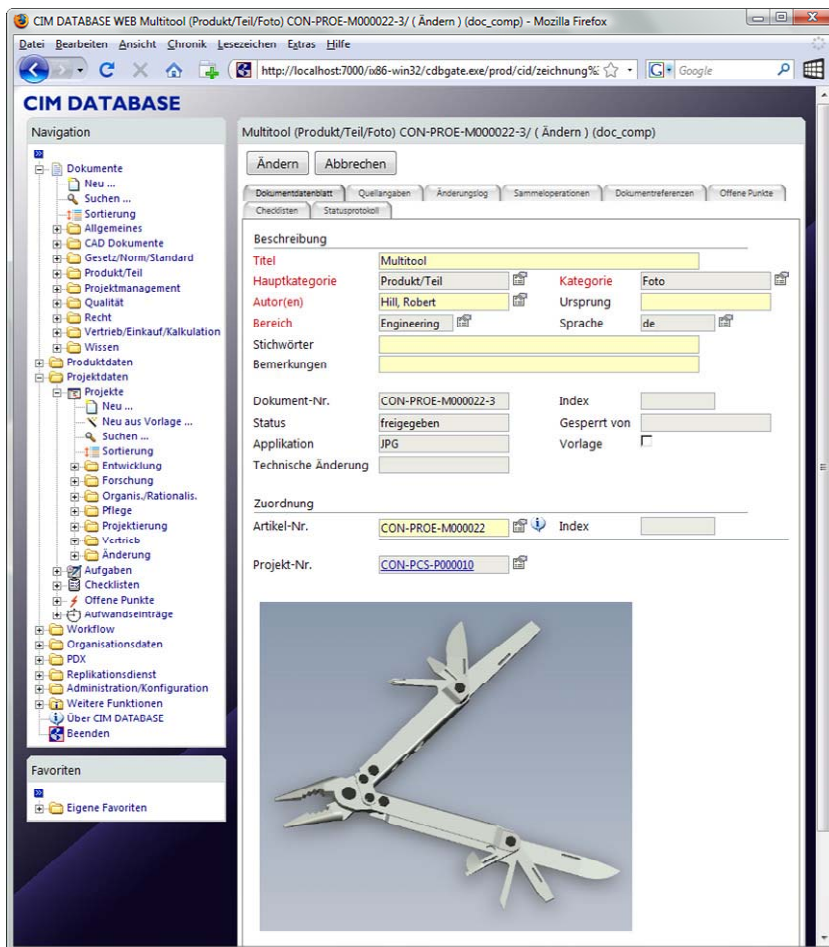


Abb. 9-14 Beispiel eines HTML-WEB-Client (Quelle: CIM Database®)

Schließlich sei auch noch auf die aktuellen Aktivitäten beim Aufbau netz-unabhängiger Client-Technologien für Portable Computer, Mobile-Telefonen etc. hingewiesen [DOR-00]. Der Vergleich dieser verschiedenen Varianten von Oberflächen lässt die Frage aufkommen, für welche Technologie man sich bei der Systemsentscheidung entscheiden soll bzw. welcher Standard sich künftig durchsetzen wird. Die Beantwortung dieser Frage hängt stark vom Nutzungsprofil ab. Gegenwärtig dürfte für alle Anwendungen in Systemumgebungen, in denen native Clients zur Verfügung stehen, für aktiv arbeitende

Nutzer (also Nutzer, die nicht nur Recherchieren wollen) dieser auch die bessere Wahl sein. Dies trifft besonders für WINDOWS-Umgebungen zu, in denen der WINDOWS-Client einen unerreichten Komfort anbietet. Für reines Recherchieren wird der HTML oder XML-basierte Client jedoch immer wichtiger und dürfte hier, schon wegen seiner einfachen Integration in Intranet- oder Internet-Lösungen klar die erste Wahl sein. In letzter Zeit sind allerdings bereits auch wieder gegenläufige Tendenzen zu beobachten. Vor allem für die interne Nutzung in großen Anwendungen haben native Clients Vorteile, da es möglich ist angepasste Funktionalität auf einem sehr hohen Niveau und hervorragender Performance anzubieten (vgl. Abb. 7-20).

9.2 Zugriffsschutz und Sicherheit

In PLM-Lösungen werden Informationen verwaltet, die für das jeweilige Unternehmen letztlich überlebenswichtig sind. Neben allen relevanten Dokumenten, enthält das System Informationen über den aktuellen Entwicklungsstand, die Historie aller Produkte, ggf. Auftragsinformationen usw. Auf der anderen Seite haben auf die PLM-Daten eine große Gruppe von Personen Zugriff. Schnell geht die Zahl der Zugriffsberechtigten in den vierstelligen Bereich. Dazu zählen Mitarbeiter des Unternehmens, wie auch zunehmend Externe, wie Ingenieurbüros, Zulieferer oder auch Kunden. Es versteht sich, dass natürlich diese sehr unterschiedlichen Nutzerprofile auch unterschiedliche Berechtigungen am System haben müssen (Abb. 9–15).

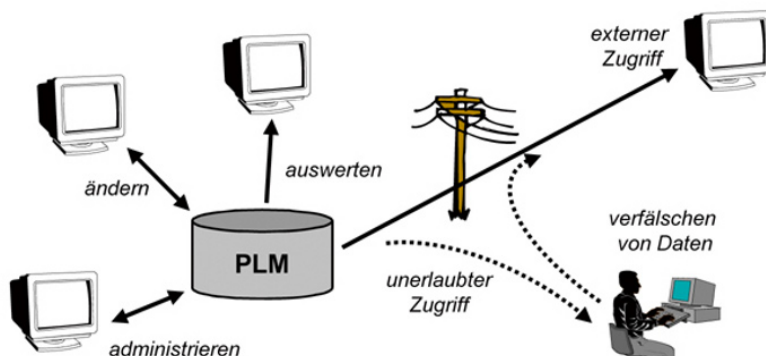


Abb. 9–15 Zugriffsarten und Sicherheitsrisiken einer PLM-Lösung

Nur wenige Anwender haben die Berechtigung Daten zu ändern oder zu löschen. Viele Nutzer dürfen lediglich Daten lesen, aber auch dabei muss man Einschränkungen beachten. So dürfen speziell Externe meist nur einen speziellen Ausschnitt des gesamten Datenvolumens betrachten oder ggf. ändern. Diesen Anforderungen muss die PLM-Lösung durch Bereitstellung geeigneter

Methoden der Privilegienverwaltung entsprechen. Aber auch beim Zugriff auf eigentlich zulässige Daten in der PLM-Lösung sind weitere Sicherheitsaspekte zu beachten. Speziell bei Anwendern mit sehr sensiblen Daten bzw. Dokumenten muss es ausgeschlossen sein, dass die von ihm bearbeiteten Daten während der Übertragung unzulässig abgefangen werden. Gerade im Zeitalter der verbreiteten Zugriffe über das öffentliche Netz stellt diese Forderung ein ernst zu nehmendes Problem dar. Außer der Sicherstellung eines unverletzlichen Transfers der Daten müssen weiterhin auch Möglichkeiten bestehen zu prüfen, dass eine übermittelte Information auch wirklich vom behaupteten Absender (dem PLM-Server oder z. B. im Falle einer über den Workflow erzeugten Nachricht vom e-Mail-Absender) stammt. Diese Aspekte werden unter der Überschrift der Sicherheit zusammengefasst. Auf die Einzelheiten dieser wichtigen PLM-Komponenten soll im Weiteren eingegangen werden.

9.2.1 Privilegienverwaltung

Die grundlegende Form der Zugriffsverwaltung einer PLM-Lösung beruht auf

- *Nutzerrechten*
Diese legen die Zugriffsrechte eines Nutzers auf Objekte bzw. Funktionen des Systems fest.
- *Objektrechten*
Diese legen fest, unter welchen Voraussetzungen Objekte oder Funktionen von Nutzern verwendet werden dürfen.

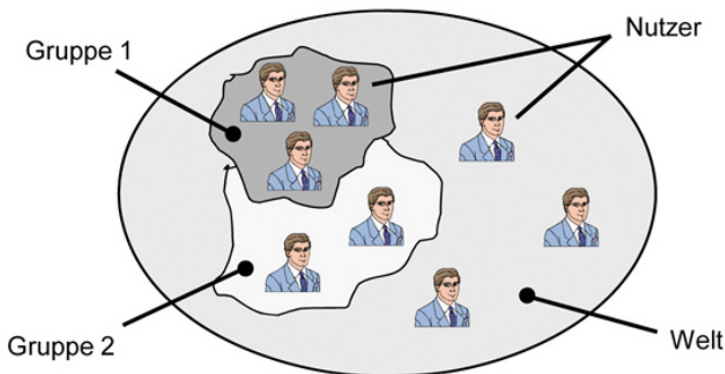


Abb. 9–16 Nutzerorganisation nach dem user-group-world-Konzept

Bei jedem Zugriff vergleicht das System diese Angaben. Die Kombination beider Werte regelt dann den konkreten Zugriff des Nutzers auf das Objekt. Bewährt hat sich ein auch aus der Rechteverwaltung anderer EDV-Systeme (Betriebssysteme, Datenbanken, ...) her bekanntes dreistufiges Konzept (Abb. 9–16).

Dieses besteht aus den Bereichen der individuellen Nutzer, der Benutzergruppen sowie der Übermenge aller existierenden Anwender, auch wenn diese keiner für den jeweiligen Zugriff relevanten Benutzergruppen zugeordnet sind. Sie werden meist als die „Welt“ bezeichnet. Jeder Nutzer des Systems muss vor seinem ersten Zugriff in der Benutzerverwaltung angemeldet werden. Dabei wird der Nutzer zumindest durch Bekanntgabe folgender Daten beschrieben:

- *persönliche Angaben;*
z. B. Name und Vorname
- *interne Systemidentifikation;*
auch UIC (user identification code) genannt;
Diese Identifikation ist meist eine Zahl und wird im Weiteren intern benutzt, um den Benutzer zu repräsentieren. Dies ist einfacher und sicherer als die Verwendung des kompletten Namens.
- *Password;*
Diese Angabe dient der Identifikation des Nutzers beim Anmelden oder bei der Durchführung besonders kritischer Funktionen. Das Password wird für das erste Anmelden vom System vorgegeben und kann später beliebig geändert werden. Um einen Missbrauch zu unterbinden werden oft Einschränkungen für die Festlegung des Passwords festgelegt. So werden Mindestzeichenzahlen und Sonderzeichen gefordert, die Verwendung besonders einfacher Zeichenkombinationen unterbunden (z. B. „12345678“), die Laufzeit des Password beschränkt oder auch die Nutzung eines bereits früher verwendeten Passwords unterbunden.
- *vereinfachte Anmeldung;*
Hat sich ein Nutzer bereits im Betriebssystem mit Password angemeldet, so kann auf die neuerliche Abfrage verzichtet werden.
- *Managerprivilegien;*
Unabhängig von anderen Zugriffsregelungen, kann ein Nutzer die Privilegien des PLM-Systemmanagers erhalten. Es ist ihm dann möglich üblicherweise nicht zugängliche Funktionen des Systemmanagements, wie z. B. die Benutzerverwaltung selbst, zu verwenden.
- *eingeschränkte Nutzung;*
Diese Kennzeichnung stellt quasi das Gegenstück zum Managerflag dar und beschränkt den Zugriff eines Nutzers unabhängig von evtl. anderen Regelungen auf einen einfachen Lesezugriff.

Unabhängig von diesen grundsätzlichen Informationen über einen Nutzer ist es natürlich möglich, beliebig weitere Informationen zu erfassen, wie Adressen, Telefon-Nummern usw. Hierbei müssen jedoch zwingend Restriktionen des Datenschutzes beachtet werden. Ist ein Nutzer dem System bekannt, so muss er zusätzlich einer oder mehreren Benutzergruppen zugeordnet wer-

den. Eine Benutzergruppe fasst immer Anwender eines identischen Zugriffsprofils zusammen, z. B. die Gruppe aller Konstrukteure einer bestimmten Entwicklungsabteilung, die Gruppe der Normungsprüfer etc. Gruppen werden vom Systemmanager angelegt und verwaltet. Sie besitzen ähnlich wie die individuellen Nutzer einen Namen und eine Systemidentifikation (GIC – group identification code). Allerdings sind Gruppen selbst nicht handlungsfähig. Ein Nutzer kann durchaus mehreren Gruppen angehören, allerdings ist zu einem Zeitpunkt immer nur eine Gruppe aktiv. Es ist allerdings auch während einer Sitzung möglich, die Gruppenzugehörigkeit zu ändern. Für jedes in der PLM-Lösung enthaltene Objekt werden der Eigentümer, die Gruppenzugehörigkeit sowie ein Zugriffscode gespeichert. Der Eigentümer ist anfänglich die Person, die das betreffende Objekt erzeugt hat. Die Gruppe, der diese Person im Moment der Anlage angehörte wird die Gruppe des neuen Objektes. Später ist es möglich den Eigentümer oder die Gruppenzugehörigkeit eines Objektes zu ändern. Dies wird z. B. im Rahmen des Statuswechsels bei einem Freigabeschritt getan. Der Zugriffscode beschreibt für das Objekt schließlich die zulässigen Zugriffsarten der drei Zugriffsebenen:

- die Rechte des Eigentümers; (Owner)
- die Rechte der Mitglieder der aktuellen Gruppe des Objektes; (Group)
- die Rechte aller anderen Nutzer, die nicht Eigentümer sind oder der Gruppe des Objektes angehören. (World)

Für jeden dieser Zugriffsformen wird im Zugriffscode festgelegt, welches Niveau an Zugriffsprivilegien zulässig ist. Da es erforderlich ist, eine Aussage für jede der drei Formen zu machen, ist der Zugriffscode meist eine dreistellige Zeichenkette. Die erste Position beschreibt die Nutzerrechte, die zweite Position die Rechte der Gruppe und die dritte Position die Rechte der Welt. Bezüglich der Rechte unterscheidet man dabei beispielsweise:

- kein Zugriff ist erlaubt („“)
- Lesen ist erlaubt („r“)
- Ändern ist erlaubt („w“)
- Löschen ist erlaubt („d“)

Die Rechte umfassen in dieser Reihenfolge jeweils die zuvor genannten. Hat also ein Nutzer das Recht zum Ändern, so darf er die Daten natürlich auch Lesen. Ein Löschen des ganzen Objektes ist ihm jedoch verwehrt.

Ein wichtiger Unterschied der Handhabung von Zugriffsrechten in der PLM-Lösung zu solchen, die z. B. auf Betriebssystemebene üblich sind, besteht in deren Abhängigkeit vom Status des Objektes. Das heißt, dass sich die Rechte eines Nutzers in Bezug auf ein Objekt üblicherweise je nach Status des Objektes im Prüf- und Freigabeablauf ändern. Im Gegensatz dazu sind Privilegien im Betriebssystem meist statisch und nicht abhängig vom Zustand der

verwalteten Objekte. Besonders interessant ist dabei der Sachverhalt, dass gerade im Rahmen der Aktionen im Prüfablauf ein Nutzer sich durch Weiterleiten eines Objektes in den nächsten Status den Zugriff auf das Objekt selbst entzieht und diesen einer anderen Person zuordnet. So hat ein Konstrukteur, der ein Dokument oder einen Artikel zur Prüfung schickt, anschließend selbst keine Berechtigung mehr, Änderungen an diesem Objekt durchzuführen.

9.2.2 Access Control Listen

Das zuvor beschriebene Verfahren der OGW-Zugriffsrechte ist bereits ein recht mächtiges Instrument zur Regelung des Zugriffs auf die Objekte im PDM-System. Allerdings treten bei einem unternehmensweiten Einsatz auch schnell eine Reihe von Beschränkungen zutage, die den Einsatz weiterer Verfahren erfordern. Eines der Probleme tritt ein, wenn spezielle Berechtigungen oder auch Einschränkungen für einzelne Personen oder in Bezug auf einzelne Objekte festgelegt werden sollen, die von den OGW-Zugriffsrechten abweichen. Eine Möglichkeit, dieses Problem zu lösen, besteht in der Einführung von Listen spezieller Zugriffsrechte, auch *Access Control List* (ACL) genannt.

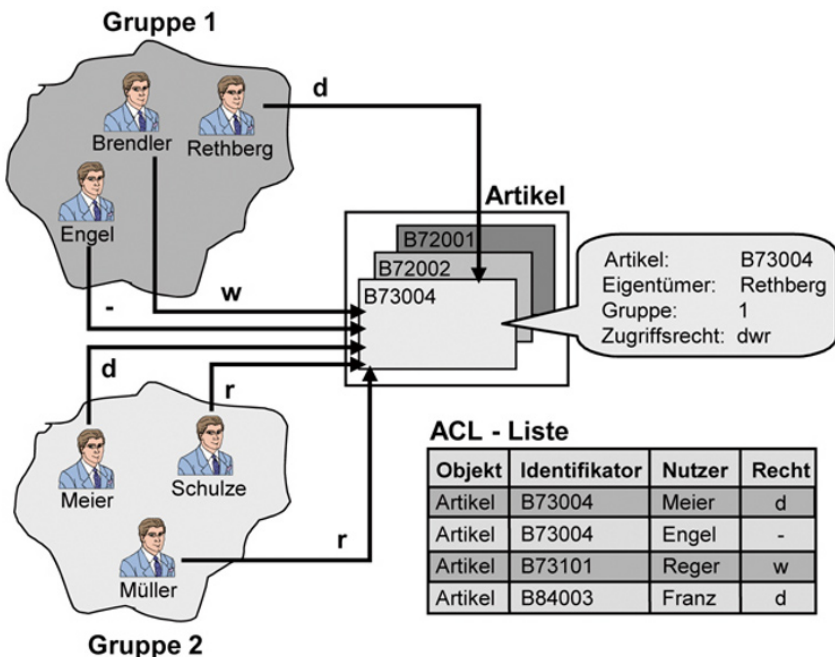


Abb. 9-17 Zugriffssteuerung über ACL-Listen

Diese Listen verwalten eine spezielle Beziehung von Nutzern oder Gruppen zu einzelnen Objekten (Abb. 9–17). Nach der einfachen OGW-Regel hätte der Eigentümer an Artikel 4711 (Herr Rethberg) Löschberechtigung und die anderen Mitglieder der Nutzergruppe 1 (Brendler und Engel) Schreibrechte. Die Mitglieder der Nutzergruppe 2 hätten allesamt nur Leserecht. Die ersten beiden dargestellten Zeilen der ACL-Liste definieren jedoch Ausnahmen für Engel (dessen Zugriff vollständig eingeschränkt wurde) sowie Meier aus Gruppe 2, dem Löschrechte zugestanden werden.

9.2.3 Projektspezifisches Arbeiten

Mit dem projektspezifischen Arbeiten (*project driven work*, kurz PDW) versucht man, die Sicht auf alle im PDM-System vorhandenen Objekte von einem PROJEKT abhängig zu gestalten. Damit wird eine Arbeitsweise unterstützt, die immer häufiger zu finden ist.

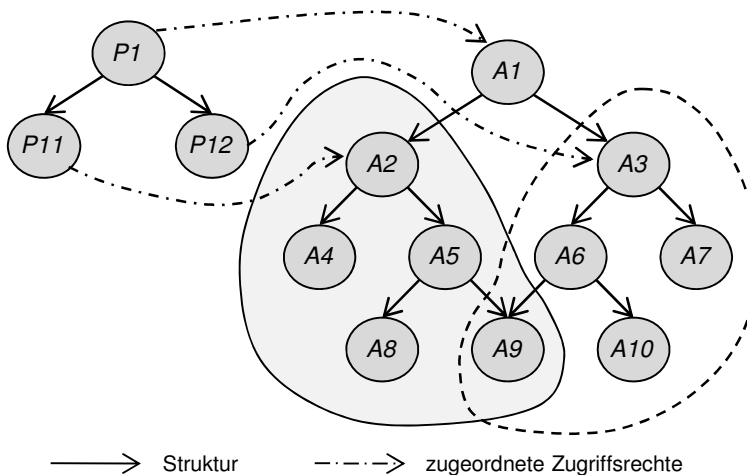


Abb. 9–18 Projektabhängige Zugriffe auf eine Artikelstruktur

Viele Aufgaben an Datenobjekten sind nicht mehr von bestimmten Zugriffsrechten und Hierarchien abhängig, sondern orientieren sich rein an der projektspezifischen Arbeit. Das heißt, alle in einem Projekt involvierten Mitarbeiter können auf die Produktdaten des Projekts zurückgreifen. Gerade im Bereich der Zulieferindustrie oder auch von Ingenieurbüros, die mit einer Vielzahl von Auftraggebern sensible Daten verwalten müssen, stehen vor der Aufgabe, dass eine strikte Kontrolle des Zugriffs auf die unterschiedlichen Daten und Dokumente in Abhängigkeit des gerade aktuell bearbeiteten Projektes erfolgen muss. Dies bedeutet ja auch, dass ein und derselbe Mitarbeiter je nach dem Auftrag für den er aktuell arbeitet, auf sehr unterschiedliche Daten zugreifen darf. Die Zugehörigkeit zu einem Projekt wird in der Zuordnung

eines Projekts zu einem JOB (POSITION) festgelegt. Damit ist PDW eine Erweiterung des Rollenkonzeptes. Innerhalb der Definition eines JOBS wird nun die Angabe des Projektes ausgewertet. Bei der Sicht auf Objekte wird streng auf die Objektstruktur geachtet, d. h. hat man Sicht auf ein Objekt, so hat man auch automatisch Sicht auf alle diesem Objekt unter- bzw. zugeordneten Objekte. Selbstverständlich sind diese Sichten auch entzieh- und erweiterbar. Im Beispiel nach Abb. 9–18 wird eine Beziehung zwischen Artikel A5 und A9 aufgebaut (Stücklistenstruktur). Das bedeutet, dass zusätzlich und automatisch der Artikel A9 zum Projekt P2 einen neuen projektspezifischen Bezug erhält (über A5 und A2), ebenso erhalten A13 und A15 diesen Bezug zu P2 (durch Vererbung von A9).

Wichtig bei der Arbeit innerhalb eines PDW-Konzeptes ist dabei die Grundregel, dass man neben einem Objekt selbst auch immer alle Elemente in der Struktur dieses Objektes (die „Söhne“) sehen kann. Unabhängig von den Regeln, die über PDW definiert wurden, ist es auch möglich den Zugriff auf bestimmte Objekte, die für alle Nutzer wichtig sind, zu erlauben. Dies wird durch Setzen eines speziellen Sichtbarkeitsflags an den betreffenden Objekten realisiert. Dies gestattet nun, dass unabhängig von den Projektzuordnungen der Artikel ein genereller Zugriff auf alle Normteile im System verwirklicht wird.

9.2.4 Sicherheitskonzepte für die Datenübertragung

Trotz dieser Maßnahmen kann es jedoch gerade bei der Übertragung von Daten aus der PLM-Umgebung zu unerlaubten Manipulationen auf dem Übertragungsweg kommen. Dies gilt sowohl für aus der PLM-Lösung abgerufene Rechercheergebnisse als auch für an einen Empfänger abgesandte Nachrichten (z. B. e-Mail-Information im Rahmen eines Workflow). Gerade in den letzten Jahren erhielten die damit zusammenhängenden Probleme im Umfeld der Produktpiraterie eine zunehmende Bedeutung. Wenngleich nach verschiedenen Untersuchungen bis zu 50% der eingetretenen Schadensfälle durch Mitarbeiter der Unternehmen selbst verursacht wurden, ist das bestehende Risiko bei der externen Kommunikation mit Partnern, Kunden und Zulieferern besonders hoch. Produktpiraterie kann außerhalb des Unternehmens sowohl von der Analyse der physischen Produkte, als auch vom unerlaubten Zugriff auf (vor allem elektronische) Produktdokumente ausgehen. Dabei ist das physische Produkt nur sehr eingeschränkt nutzbar. Geht es um mehr als das reine Kopieren eines Teiles, werden die Möglichkeiten, die sich z. B. auf der Grundlage von Reverse Engineering ergeben, häufig überschätzt. Das dreidimensionale Erfassen der Daten eines Produktes erlaubt nicht ohne weiteres die erforderlichen Produktionsunterlagen abzuleiten. Bereits zur Ermittlung der notwendigen Toleranzen, Form- und Lageabweichungen etc. sind aufwendige Messungen an einer Vielzahl von Proben notwendig. Und selbst dann sind die Hintergründe der Konstruktion nur schwer abzuleiten. Aus diesem Grund sind

meist die elektronischen Dokumentationen das Ziel von Angriffen. Da diese auch den Großteil des *intellectual property*⁵ repräsentieren, müssen diese Dokumente vor allem bei der Übertragung und Weitergabe gegen unerlaubten Zugriff gut geschützt werden [ENL-07, KST-08].

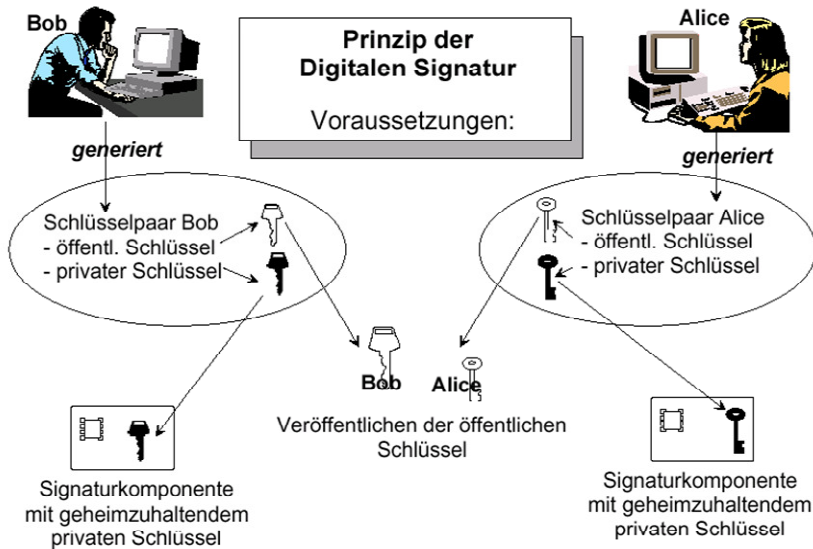


Abb. 9–19 Digitale Signatur – Vergabe von Schlüsseln

Nach [PRO-08] gibt es vor allem fünf Möglichkeiten, um den damit zusammenhängenden Gefahren zu begegnen:

- *Datenfilterung*;
Alle kritischen Informationen werden vor der Verteilung der Dokumente aus diesen entfernt.
- *Terminal-Server-Lösungen*;
Durch permanenten Zugriff auf einen lokalen, internen Server werden die Daten bei Empfänger lediglich visualisiert und können permanent kontrolliert werden. Dieses Verfahren ist kaum anwendbar, wenn Teile der Informationen nicht im eigenen Besitz sind (Partnerentwicklungen).
- *Data Leakage Prevention*;
Bei diesem Verfahren werden unter der Voraussetzung, dass der Datentransfer ausschließlich über kontrollierte Schnittstellen läuft, alle durchfließenden Daten permanent analysiert.
- *Wasserzeichen*;
Nur sehr schwer nachweisbare, versteckte Daten im Dokument

⁵ geistiges Eigentum eines Unternehmens

lassen den Rückschluss auf die eigentlichen Quelle der Dokumente zu. Schützt aber nicht vor missbräuchlicher Nutzung.

- *Enterprise Rights Management*;
Alle Daten werden mit einem dauerhaften und mit den Dokumenten untrennbarem Schutzmechanismus versehen, der während der gesamten Lebensdauer des Dokumentes wirksam bleibt. Die Dokumente selbst sind dauerhaft verschlüsselt und enthalten eine Zugriffsrechtebeschreibung, welche u. a. genau fest legt, wer zugreifen darf und welche Manipulationen jeweils erlaubt sind.

Um die Originalität eines Dokumentes oder einer Nachricht sicherzustellen, werden in diesem Zusammenhang häufig digitale Signaturen benutzt. Die Anwendung digitaler Signaturen erfolgt in drei Schritten (Abb. 9–19).

Im ersten Schritt erfolgt die Festlegung der Signaturen für alle eingetragenen Nutzer der PLM-Lösung. Jede Signatur besteht aus zwei Schlüsseln - einem privaten Schlüssel, der jedem Nutzer zur Verschlüsselung seiner Daten dient und einem öffentlichen Schlüssel, der zur Kontrolle einer Signatur benutzt wird. Wird eine Information abgelegt oder verschickt, so wird wie in Abb. 9–20 dargestellt ist, ein genau für diese Information eindeutiger Code erzeugt. Dazu dienen sog. hash-Verfahren. Dieser Code wird nun mit dem privaten Schlüssel des Nutzers kombiniert und es entsteht die Signatur, die der zu signierenden Information (z. B. einem Dokument oder Stammsatz) zugeordnet wird.

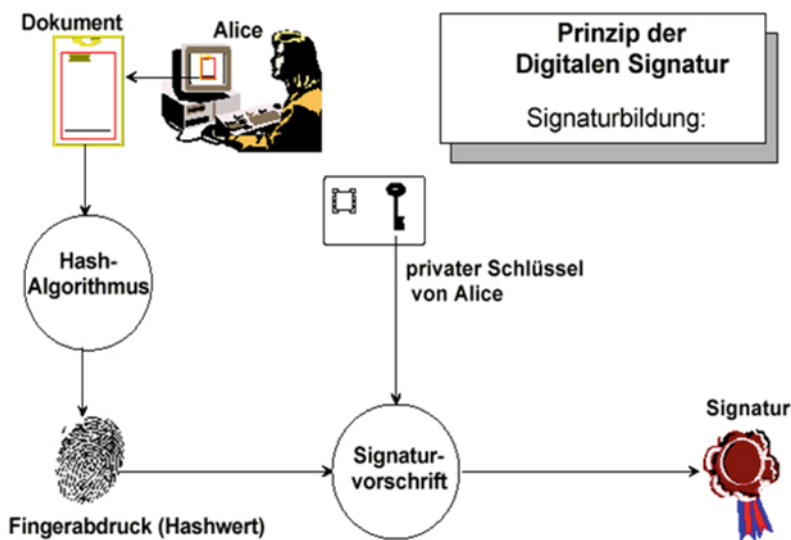


Abb. 9–20 Signieren von Informationen (z. B. von Dokumenten)

Diese Signatur ist nur für genau diese Information in Kombination mit dem Nutzer gültig. Zur Identifikation des Nutzers kann ein Passwort benutzt wer-

den. Eleganter und sicherer sind jedoch moderne hardwarebasierte Identifikationsverfahren, wie das Scannen der Augeniris (retina scan), die Erkennung eines Fingerabdruckes oder eine Chipkarte. Im letzten Schritt untersucht nun der Empfänger die Originalität und Unversehrtheit der erhaltenen Information. Dazu wird wiederum ein der Information zuzuordnender Code mittels des Hash-Verfahrens erzeugt. Dieser Code wird mit dem verfügbaren öffentlichen Schlüssels des Absenders kombiniert und die sich ergebende Signatur mit der mitgesandten Signatur verglichen (Abb. 9–21).

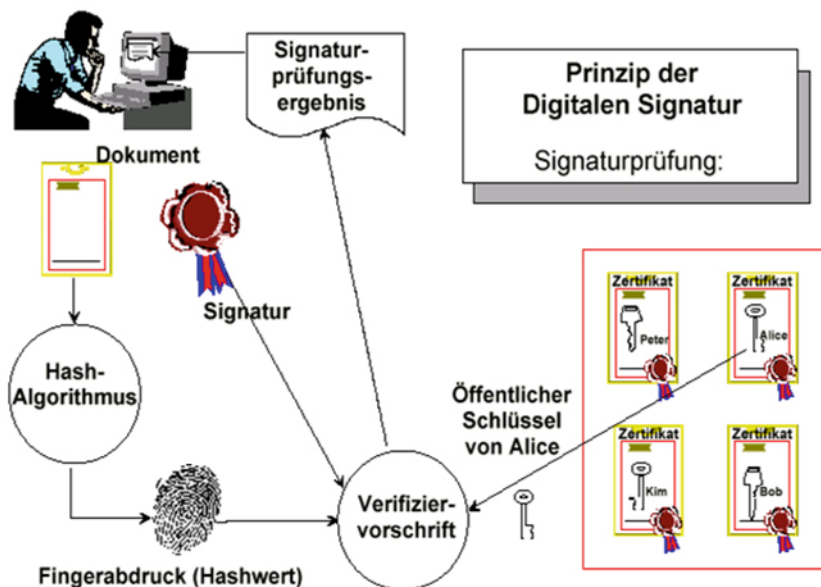


Abb. 9–21 Verifizierung signierter Informationen

Die Verwendung digitaler Signaturen ist in Deutschland seit 1997 durch das Signaturgesetz (SigG) geregelt. Es trat als Artikel 3 des Informations- und Kommunikationsgesetzes, kurz Multimediagesetz, in Kraft [LAN-99]. Dieser, schon zum Zeitpunkt des Erscheinens als Experimentalgesetz gedachte Text, wurde in letzter Zeit überarbeitet. Die neue Ausgabe trat am 22. Mai 2001 in Kraft. Hintergrund dazu ist eine EU-Richtlinie, die alle EU-Staaten dazu verpflichtet, ihre jeweiligen nationalen Gesetzgebungen anzupassen. Zielstellungen sind vor allem ein freier Marktzugang für alle Anbieter, eine gerichtliche Anerkennung der digitalen Signatur, die Gleichsetzung der digitalen Signatur mit der handschriftlichen Unterschrift im materiellen Recht und eine Haftungsregelung der Anbieter [ESS-01]. Während das vorgestellte Verfahren sicherstellt, dass die übertragenen Informationen vom angegebenen Absender kommen und nicht manipuliert sind, muss weiterhin unterbunden werden, dass nicht autorisierte Personen Zugriff auf die Informationen haben, z. B. diese während der Übertragung abfangen und auswerten können. Dies erfolgt üblicherweise durch eine Verschlüsselung. Dabei wird die Nachricht nicht im

Klartext, sondern in einer solch codierten Form übertragen, die nur unter Verfügbarkeit eines Schlüssels beim vorgesehenen Empfänger wieder dechiffriert werden kann. Eine Reihe von Anbietern beschäftigen sich mit Werkzeugen, die hier eingesetzt werden können; u. a. TranSON [SIE-99].

9.3 Verfügbarkeit von PLM-Lösungen

9.3.1 Sicherung des laufenden Betriebes

In einer PLM-Lösung sind für die jeweiligen Unternehmen überlebenswichtige Informationen abgelegt. So ist es von zunehmender Bedeutung, dass es zu keinem längeren Ausfall des Systems kommen kann.

Im Folgenden soll auf die wichtigsten Kriterien jeweils kurz eingegangen werden.

Stabile Lauffähigkeit des Systems

Dies gehört zu den grundlegenden Forderungen. Dazu gehört, dass alle Komponenten, also Datenbank-Server, PLM-Server und Clients, dauerhaft ohne Einschränkungen verfügbar sind. Beeinträchtigungen kann es geben, wenn die benutzte Hardware nicht den Erfordernissen entspricht oder die benutzten Rechner zeitweise durch andere gleichzeitig laufende Applikationen blockiert sind. Ein oft anzutreffender Fehler sind zu klein bemessene Datenbank- oder PLM-Server. Wird versucht zu viele Nutzer auf derartige Rechner laufen zu lassen so wird es regelmäßig zu nicht mehr zumutbaren Antwortzeiten oder auch zu einem völligen Blockieren der Anwendung kommen.

Sicherer Zugriff auf entfernte PLM-Umgebungen

Wird mit verteilten Datenbanken gearbeitet, so ist die Nutzbarkeit einer lokalen Installation von der sicheren Verfügbarkeit der Netzverbindung abhängig. Wenngleich die Qualität der öffentlichen Netze in den zurückliegenden Jahren wesentlich besser geworden ist und auch in vielen Fällen entweder auf private Netzwerke (vgl. ENX im Automobilbau) oder auch private Standleitungen zurückgegriffen werden kann, ist immer damit zu rechnen, dass eine derartige Verbindung aus technischen Gründen abbricht.

Wird dieses Risiko als inakzeptabel hoch eingeschätzt, so müssen für den Notfall die wichtigsten Daten als backup lokal vorgehalten werden (periodischer Abgleich).

Verfügbarkeit aller im System abgelegten Daten

Dies betrifft alle in der PLM-Lösung gespeicherten Daten, also sowohl die Daten in der Datenbank als natürlich auch die Files in den Sicherheitsbereichen. In vielen Unternehmen bestehen vor allem Bedenken gegen die verschlüsselte Ablage von Daten in den Sicherheitsbereichen. Meist handelt es sich jedoch gar nicht um wirklich verschlüsselte Files, sondern um synthetisch generierte File-Namen. Diese sind nur noch unter Zugriff auf die Datenbank auswertbar. So stellt sich die Forderung nach einem unabhängigen Zugriff auf die Files als Forderung nach einem stabil lauffähigen System dar. Trotzdem werden in vielen Fällen laufend spezielle Listen erzeugt, die die Inhalte der Files mit kryptischen File-Namen recherchierbar ablegen. Damit ist es einem Manager auch bei ausgefallenem PLM-Backbone möglich, zumindest auf die Files zugreifen zu können. Allerdings stehen diese Files nur für eine evtl. Auswertung zur Verfügung. Beim Versuch geänderte Files später wieder in die PLM-Umgebung einzupflegen, entstehen die größten Schwierigkeiten, da alle notwendigen Stammdatenänderungen (Status etc.) manuell durchgeführt werden müssten.

Möglichkeit auf ältere Zustände von Daten zugreifen zu können

Werden Dokumente während eines Bearbeitungsstatus (!) mehrfach gespeichert, so wird üblicherweise das jeweils zuvor abgelegte Dokument überschrieben. Wurde eine fehlerhafte Bearbeitung eines Dokumentes durchgeführt, so besteht oft der Wunsch der Anwender auf ein früher abgelegtes Dokument zurückgreifen zu können. Dies ist normalerweise über das Rücklesen der regelmäßigen Sicherungen des PDM-Systems möglich. Allerdings bedeutet dies meist einen sehr großen Aufwand einzelne Dokumente aus der großen Zahl von insgesamt gespeicherten Dokumenten zurückzuschreiben.

Möglichkeit zerstörte Daten wiederherstellen zu können

Man muss immer damit rechnen, dass Daten durch Systemfehler verloren gehen. Dies kann sowohl die Datenbank als auch die Sicherheitsbereiche betreffen. Um dem Vorzubeugen werden regelmäßige Sicherungen des Systems gemacht. Für die Sicherung der Datenbank stellt diese i. d. R. die benötigten Werkzeuge zur Verfügung (backup-tool). Allerdings ist dies bei einer PLM-Lösung wegen der extern abgelegten Daten nicht ausreichend. Jedem Zustand der Datenbank ist genau ein Zustand der Sicherheitsbereiche zugeordnet. Da die Files über eine Namenstransformation (kryptischer File-Name zu Originalnamen) über die Datenbank festgelegt sind, muss man also bei jeder Sicherung der Datenbank eine eindeutige Referenz zu den Files herstellen und die neuen und geänderten Files gleichfalls sichern. Bei großen Installationen ist es nicht mehr möglich, das gesamte System immer komplett zu sichern. Üblich sind Komplettsicherungen nach jeweils größeren Zeitabschnitten (Woche bis

Monat) sowie dazwischenliegende inkrementelle Sicherungen (nur die Änderungen zur letzten Sicherung wird abgelegt; mindestens täglich). Zu beachten ist, dass es oft nicht mehr möglich ist das PLM zum Zwecke der Sicherung abzuschalten. Dies bedeutet, dass sich Daten noch während der Sicherungsläufe ändern können. Die verwendeten Sicherungsfunktionen haben dem Rechnung zu tragen.

Lauffähigkeit des Systems während evtl. Systemarbeiten (Upgrade)

Traditionell ist es üblich das PDM-System während eines Upgrades oder dem Einspielen von neuen Funktionalitäten außer Betrieb zu nehmen. Dies erfolgt, um unerwünschte Fehlerzustände aufgrund der neuen Funktionen weitgehend auszuschalten. Ähnlich wie bereits bei backup dargestellt, ist dies bei großen Installationen zunehmend nicht mehr tragbar. Das heißt, dass Änderungen am System noch während der Nutzung durchgeführt werden müssen. Man ermöglicht dies dadurch, dass ähnlich wie dies bei den Nutzerdaten erfolgt, auch die Systemdaten versioniert werden. Dann steht immer eine produktive Version des Systems, mehrere ältere Versionen und ggf. eine in Entwicklung befindliche Version zur Verfügung. Dies vereinfacht zum einen das gründliche Austesten neuer Funktionen oder Upgrades und ermöglicht dem Administrator auch im Fehlerfall die einfache Rückkehr zu einer älteren, sicher lauffähigen Version.

9.3.2 Archivierung

Ein häufig unterschätztes Problem besteht in der sog. *Langzeitarchivierung*. Das zuvor beschriebene Szenario des File-Managements ist vom Konzept her vor allem auf den relativ häufigen Zugriff, eine gute Performance (kurze Zugriffszeiten und schnelle Datenübertragung) sowie die Übereinstimmung zwischen Datenformaten und geeigneten Bearbeitungswerkzeugen ausgerichtet. Demgegenüber wird bei der Langzeitarchivierung eine Verfügbarkeit der Daten von mindestens 10 Jahren gefordert. Oftmals ist es auch notwendig, dass Datenbestände über einen Zeitraum von mehr als 50 Jahren hinweg aufbewahrt werden [KRA-99, RON-07]. Dabei treten Anforderungen, die eigentlich bei jedem Verwaltungssystem zu beachten sind besonders deutlich hervor. Die erforderliche technische Verfügbarkeit der Dateien ist auch eine wichtige Voraussetzung für die revisionssichere Archivierung der gesamten Dokumente. Somit sind neben juristischen also auch technische Probleme zu lösen. Festplatten bieten für die normale File-Ablage in der PLM-Umgebung wegen ihrer Zuverlässigkeit, der heute sehr großen Speicherkapazität, dem schnellen Zugriff sowie dem guten Preis-Leistungs-Verhältnis beste Voraussetzungen. Für die Sicherheit der Dokumente ist neben den Maßnahmen, die auf die Verfügbarkeit des PDM-Systems gerichtet sind (vgl. Kap. 8), auch eine zielgerichtete Archivierung unerlässlich. Für eine derartige Archivierung sind die

Festplatten als magnetische Speichermedien wiederum schlecht geeignet, denn die auf ihnen abgelegten Daten können jederzeit geändert oder auch gelöscht werden. Dies trifft insbesondere für alle online-Datenträger zu. Die Files können jedoch auch in Bereichen abgelegt werden, auf die kein unmittelbarer online-Zugriff besteht [SCW-04]. Für die Archivierung werden dann vor allem einmal beschreibbare, optische Speichermedien verwendet. Auf diese sog. WORMs⁶ können je nach System recht umfangreiche Informationsmengen gespeichert werden. Zur weiteren Erhöhung der Speichergröße bei trotzdem relativ schnellem Zugriff, können die Speicherplatten in Jukeboxen gelagert werden. Bei hohen Anforderungen an die Speicherkapazität können mehrere Jukeboxen zusammen in einem System betrieben werden. Die PDM-Systeme können sowohl über eigene Treiber derartige Medien ansprechen als auch über die Kopplung an spezielle Archivsysteme arbeiten (z. B. asOne eArchive Server). Um die recht umständliche Handhabung dieser Speichermedien zu umgehen gibt es neuerdings auch Festplattensysteme, die die spezifische Eigenschaft der WORM-Systeme nachbilden. Diese sog. *Content Adressed Storage* (CAS) sind so aufgebaut, dass sie ähnlich der WORM nur einmal beschreibbar sind. Änderungen oder Löschen von Daten sind durch die Treibersoftware sowie eine spezielle Codierung nahezu ausgeschlossen.

Eine Reihe weiterer, heute teilweise noch nicht sicher beantwortbarer Fragen treten bei genauerer Analyse hervor:

- Lebensdauer der Datenträger;
- Verfügbarkeit von Bearbeitungs- oder zumindest Darstellungsprogrammen für die verwendeten Datenformate;
- Verfügbarkeit der von den Programmen benötigten Betriebssysteme sowie der zugehörigen Hardware.

Möglichkeiten, diesen Schwierigkeiten zumindest teilweise zu begegnen sind:

- *Kopieren der Daten;*
Vor Ablauf der erwarteten Lebensdauer der Datenträger sind die gespeicherten Daten auf andere Datenträger zu kopieren.
- *Migration;*
Wenn sich Softwarestandards ändern, so müssen alle Daten auf neue, dann verfügbare und unterstützte Formate konvertiert werden.
- *Emulation;*
- Ggf. ist es einfacher, alte Umgebungen auf neuen Rechnersystemen lauffähig zu machen. Dazu werden die benötigten Rechnerressourcen in einem aktuellen System virtuell bereitgestellt.

Von großer Bedeutung für eine sichere Langzeitarchivierung ist vor allem auch die geeignete Festlegung des benutzten Datenformates. Hinweise für die

⁶ Write Once, Read Multiple Times

Auswahl gibt u. a. das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Dieses weist z. B. auch darauf hin, dass die derzeit verwendeten Datenformate sehr unterschiedlich geeignet sind und die Eignung sehr stark vom Einsatzzweck der archivierten Daten und ihren Ursprungsmedien abhängt [BSI-08]. Auch im europäischen Rahmen gibt es bereits seit einigen Jahren Bestrebungen zur Erarbeitung der technischen Voraussetzungen, um sowohl technische Produktdokumente, als auch die innerhalb von PLM-Lösungen abgelegten Informationen langfristig verfügbar zu halten [LOT-05, DUE-07]. Auf einige spezielle Aspekte der Langzeitarchivierung im Flugzeugbau wird in [WIR-03] hingewiesen.

9.4 Betriebliches Anpassen von PLM-Lösungen

Nach den bitteren Erfahrungen, die die Unternehmen in den 70er und 80er Jahren mit selbst entwickelter Software gemacht hatten, gab es eine große Erwartung an sog. schlüsselfertige (turn-key) Produkte. Die Praxis zeigt aber, dass es vor allem bei größeren Anwendungen nicht möglich ist, die speziellen betrieblichen Anforderungen an solche Lösungen wie PLM durch einen einzigen Standard abzudecken. Um die Einführung derartiger Systeme mit einem möglichst geringen Aufwand durchführen zu können, fordert man deshalb einen hohen Komfort bei der Anpassung. Bei dieser Anpassung unterscheidet man grundsätzlich zwischen zwei Vorgehensweisen – dem *Tayloring* und dem *Customizing*.

Man spricht von *Tayloring*, wenn es möglich ist, das Verhalten bzw. das Erscheinungsbild der Applikation durch Auswahl von in einem Einstellungsmenü angebotenen Optionen oder festen Einstellungsvarianten anzupassen. Dies entspricht in etwa dem, was man in einer Office-Applikation über die Menüpunkte „Extras -> Optionen ...“ durchführen kann. Beim *Tayloring* wird vom Administrator also keinerlei Eingriff in das Datenbankschema oder die Menge der verfügbaren Funktionen vorgenommen. *Tayloring* führt deshalb zu einer sehr schnellen Anpassung des Systems. Die Einstellungen sind sehr sicher gegen Fehlbedienungen. Der Nachteil und die Beschränkung dieser Vorgehensweise liegt in

- dem hohen Aufwand durch den Entwickler;
- der Beschränktheit der vorherzusehenden Anforderungen an die Anpassung des Systems;
- der Notwendigkeit Ressourcen für die evtl. maximale Ausnutzung der Möglichkeiten vorzusehen. So werden oft in den Stammsätzen einige Felder „blind“ vorgesehen. Diese können bei der Einführung des Systems dann ohne weiteres bei Bedarf lediglich sichtbar gesetzt werden und erhalten einen angepassten Titel. Damit sind nutzerspezifische Felder leicht einzurichten. Allerdings werden al-

le nicht benötigten Felder für jeden Eintrag unbenutzt mit geführt. Deshalb ist diese Form der Anpassung auf nur wenige optionale Felder beschränkt.

Für alle Anpassungen, für die im Rahmen des Taylorings keine Optionen vorgesehen sind, werden weitergehende Änderungen am Datenmodell oder der funktionellen Basis notwendig, man spricht dann von *Customizing*.

Beim *Customizing* werden Änderungen am System vorgenommen, die so vom Hersteller mit all ihren möglichen Auswirkungen nicht vorhergesehen werden können. An die Systeme, die dies ermöglichen, müssen deshalb besondere systemtechnische Anforderungen gestellt werden. Besonders wichtig ist, dass die wichtigen Ressourcen des Systems nicht im Programmcode abgelegt sind und deshalb ohne Änderung des Codes auch nicht geändert werden können. PDM-Systeme speichern deshalb, wie zuvor beschrieben wurde, ihre Definitionsdaten im Repository ab. Durch Anpassung dieses Repositories kann man somit auch das Verhalten und Erscheinungsbild des Systems fast uneingeschränkt anpassen. Dies wird meist durch spezielle grafische Werkzeuge, besonders zur Anpassung der Oberflächen, unterstützt. In Abb. 9–22 ist ein Editor dargestellt, mit dem die Anpassung und Erweiterung der Benutzungsoberfläche sehr leicht möglich wird. Oberflächenelemente, wie Felder, Texte, Button usw. können sofort sichtbar und kontrollierbar eingefügt, angeordnet und mit den wichtigsten Attributen (wie Länge, Farben, Fonds, etc.) versehen werden.

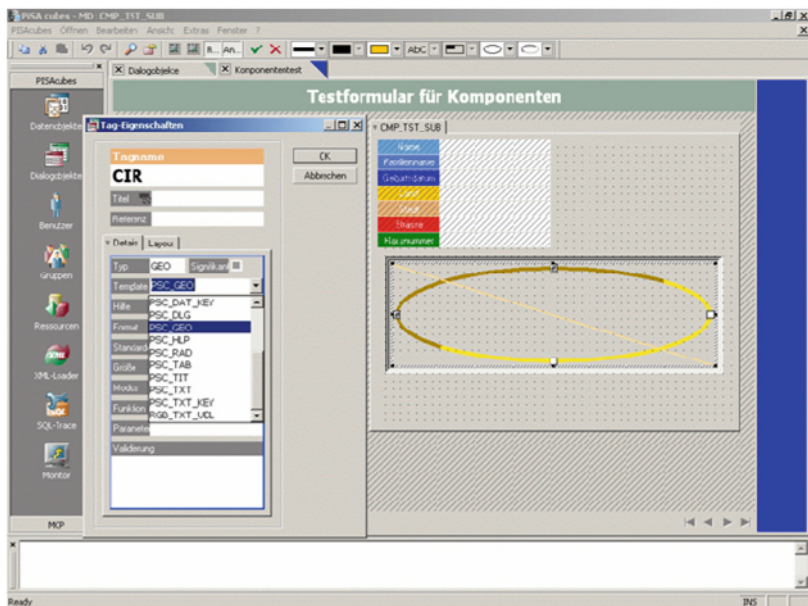


Abb. 9–22 Editor zum Customizing eines PDM Clients (Quelle: PISA GmbH)

Diese sehr weitgehende Flexibilität des Customizings hat allerdings auch ihre Grenzen:

- Da mit dem Customizing sowohl Schema als auch Funktionen weitgehend geändert werden können, ist das Risiko, ein fehlerhaftes System zu erzeugen, groß. Diese Arbeit ist deshalb nur gut geschultem Personal möglich. Eine gute Vorplanung ist unerlässlich.
- Je weiter man sich mit dem Customizing vom Originalsystem entfernt, desto größer wird der Aufwand bei einem später notwendig werdenden Upgrade. Bei unbedachten Eingriffen ist es leicht möglich, dass man die Änderungen nicht auf Folgeversionen übernehmen kann ohne den Aufwand nochmals zu tragen.

Ein besonderes Problem beim Anpassen von Applikationen an die spezifischen Forderungen einer Umgebung ist die Sprachanpassung.

Dabei muss man jedoch verschiedene Niveaus der Mehrsprachfähigkeit unterscheiden:

- *Mehrsprachige Dokumente;*
Oft ist es notwendig Dokumente in verschiedenen Sprachen zu verwalten. Dies hat meist keinen Zusammenhang zur benutzten Dialogsprache. Deshalb muss diese Forderung beim Customizing der Stammdaten berücksichtigt werden. In den meisten Fällen ist es auch erforderlich, auf die verschiedensprachlichen Dokumente getrennt zugreifen zu können und ggf. auch getrennte Freigaben durchführen zu können. Dazu wird der Identifikator (Nummer) des Dokumentes um ein Sprachkennzeichen erweitert (z. B. Feld mit 3 Zeichen, die den Code entsprechend der international üblichen Länderkennung aufnimmt).
- *Mehrsprachige Stammdaten;*
Auch wenn es nicht notwendig ist komplette Dokumente getrennt nach verschiedenen Sprachen abzulegen, kann es vorkommen, spezielle Feldinhalte in mehreren Sprachen zu verwalten (z. B. Benennungen in verschiedenen Sprachen). Manche Systeme bieten dazu sog. Mehrsprachfelder an. Diese haben für jede Sprache einen separaten Sektor und können so mehrere (teilweise bis zu 10 simultane) Spracheinträge ablegen. Zwischen diesen Einträgen kann dann während der Arbeit am System frei umgeschaltet werden.
- *Verschiedensprachige Oberflächen;*
Unabhängig von den Inhalten ist es oft erforderlich, die Arbeit mit dem PDM-System in verschiedenen Sprachen zu ermöglichen. Dies wird durch ein mehrsprachiges Repository erreicht. Dieses enthält für jede zu unterstützende Sprache separate Einträge für Dialogtexte, Meldungen, Menüs, Feldtitel etc.

Häufig sind noch eine Reihe weiterer Besonderheiten zu beachten:

- *Bilder;*
Oft müssen außer Texten auch Bilder (Icons oder Bitmaps) je nach gewählter Sprache ausgetauscht werden.
- *Layout;*
Da Texte (z. B. Feldtitel) je nach Sprache unterschiedliche Längen aufweisen, muss oft das gesamte Layout der Masken angepasst werden.
- *Zeichensätze;*
Besonders bei den asiatischen Sprachen (Chinesisch, Japanisch, etc.) ist es nicht mehr möglich Zeichen in den bei uns üblichen 1 Byte zu speichern. So werden oft 2 oder mehr Byte für ein Zeichen benötigt. Dies erfordert jedoch auch eine angepasste Software (spezielle Datenbank-Versionen; Berücksichtigung der Multibyte-Funktionen in der PLM-Lösung; ...).
- *Kulturelle Anpassung;*
Es sei an dieser Stelle nur erwähnt, dass es gerade bei der Anwendung von Applikationen in sehr unterschiedlichen Kulturkreisen oft auch notwendig ist, die teilweise sehr unterschiedlichen Gepflogenheiten bei der Arbeit mit den Systemen zu berücksichtigen. Dies betrifft sowohl die Gestaltung der Oberfläche als auch den Ablauf von Dialogen.

Literatur

- ABK-02 Abele, F.; Kühner, St.: Client/Server- oder Web-Lösung: Welche Systemarchitektur beflügelt PDM?. EDM-Report 8 (2002) 4
- AMI-99 Amirbekyan, V.: Integration of Object Databases with CORBA Environment. Ph.D. Thesis, Stanislaw Staszic University of Mining and Metallurgy; Cracow, Poland 1999
- BLJ-08 Bieberstein, N.; Laird, R.G.; Jones, K.; Mitra, T.: Executing SOA - a practical guide for the service-oriented architect. Upper Saddle River Pearson Verlag, , 2008
- BSI-08 BSI. 2008. M 4.170 Auswahl geeigneter Datenformate für die Archivierung von Dokumenten. [Online] 2008. <http://www.bsi.bund.de/impress/index.htm>; Zugriff: 10.Juni 2008
- CFM-07 Czarski, C.; Fröhlich, L.; Maier, K. A.: Oracle 10g Kompendium. Verlag Markt und Technik 2007
- DAD-96 Dadam, P.: Verteilte Datenbanken und Client-Server-Systeme. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 1996
- DIT-89 Dittrich, K.R.: Object-oriented Database Systems: the Notation and the Issues. Proc. 1986 International Workshop on Object-Oriented Database Systems, Pacific Grove (1986)
- DOR-00 Dornan, A.: Essential Guide to Wireless Communications Applications, The: From Cellular Systems to WAP and M-Commerce. Pren-

- tice Hall Computer Books 2000
- DUE-07 Dütz, A.: LOTAR-Standards – eine gute Wahl nicht nur für die Luftfahrtindustrie. ProduktdatenJournal. ProSTEP iViP e.V., (2007) Nr.2
- EBB-07 Ebbecke, H.-A.: Service-orientierte Architektur - Schlüssel zu einer erfolgreichen IT-Strategie. Proceedings ProSTEP iViP Symposium Wolfsburg 2007
- ENL-07 Encarnação, J.L.; von Lukas, U.: Protecting intellectual property in a digital networked world - the ICT perspective. ProSTEP iViP Symposium, 26. April 2007.
- ERL-04 Erl, Th.: Service-Oriented Architecture. Concepts, Technology and Design. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR 2004
- ESS-01 Esslinger, B.: Wir brauchen ein pragmatisches Vorgehen – Zur Neufassung des Signaturgesetzes. Computerwoche (2001) 18
- GRI-90 Grill, E.: Relationale Datenbanken: Vom logischen Konzept zur physischen Realisierung. Hallbergmoos, Angewandte Informationstechnik 1990
- GRO-99 Groff, J.R.; Winberg, P.N.: SQL: The complete reference. Bk&Cd Rom edition 1999
- HAR-07 Harris, M.: SOA-gesteuerte PLM-Integration. Proceedings ProSTEP iViP Symposium, Wolfsburg 2007
- HEU-92 Heuer, A.: Objektorientierte Datenbanken. Bonn: Addison-Wesley 1992
- IBM-06 IBM Institute for Business Value: Serviceorientierte Architektur – Leitfaden zur Ermittlung der Kapitalrendite (ROI). IBM Deutschland GmbH, 2006
- KAT-07 Katzenbach, A.: Integration for Cooperation Engineering IT goes SOA - A Strategic Approach. DaimlerChrysler EDM/CAE Forum, Integration for Cooperation 2007
- KRA-99 Krause, F.-L. et al.: Die Gesetzgebung zwingt die Unternehmen zu handeln. EDM-Report 5 (1999) 2
- KST-08 Krastel, M.: Standortsicherung durch Wissensschutz. CAD/CAM-Report 27 (2008) 4
- LAN-99 Lange, B.: Digitales Siegel. In: iX-Magazin für professionelle Informationstechnik (1999) 11
- LON-00 Loney, K.; Koch, G.: ORACLE8i: The complete reference. Bk&Cd Rom edition 2000
- LOT-05 LOTAR – Long Term Archiving and Retrieval of digital technical product documentation such as 3D, CAD and PDM Data. Study No. 8.6027
The European Association of Aerospace Industries – Standardization. Bruxelles 2005
- MAR-81 Marti, J.: Einführung in die Datenbanktechnik. München/Wien: Carl Hanser Verlag 1981
- MCK-07 McKendrick, J.: IBM acknowledges bypassing UDDI; calls for new SOA registry standard.
<http://blogs.zdnet.com/service-oriented/?p=864>; Zugriff: 26.April 2007

- MEI-98 Meier, A.: Relationale Datenbanken. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1998
- MEL-05 Melzer, I. et al.: Service-orientierte Architekturen mit Web Services. Spektrum Verlag 2005
- OUS-99 Ousterhout, J.K.: Tcl und Tk: Entwicklung graphischer Benutzerschnittstellen für das X-Windows-System. Bonn: Addison-Wesley 1999
- PRO-08 ProSTEP: Secure Product Creation Processes (SP2) – Sicherer Datenaustausch in der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung. White Paper. ProSTEP iViP e.V. Darmstadt Juni 2008
- RON-07 Roßnagel, A.; Fischer-Dieskau, St.; Jandt, S.: Handlungsleitfaden zur Aufbewahrung elektronischer und elektronisch signierter Dokumente. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin 2007
- SCE-06 Sceppa, D.: Microsoft ADO.NET 2.0 Das Entwicklerbuch. Microsoft Press Deutschland 2006
- SCW-04 Schwens, U.; Liegmann, H.: Langzeitarchivierung digitaler Ressourcen. München: Saur Verlag 2004
- SHC-00 Shumilov, S.; Cremers, A.B.: eXtensible Database Adapter - a framework for CORBA/ODBMS integration. Department of Computer Science III, University of Bonn 2000
- SHI-95 Schimpf, A.: Client-Server-Konzepte: der Einstieg für Datenbank-Entwickler und -Entscheider. Markt+Technik Verlag 1995
- SIE-99 TranSON (Transaction Security in Open Networks) Produktunterlagen, SIEMENS AG Bereich ATD 1999
- SRE-07 Srinivasan, V.; Erb, J.: Die Rolle offener Standards in einem Integration-Framework für das Product-Lifecycle-Management. In: ProduktdatenJournal. ProSTEP iViP e.V. (2007) 2
- VOR-07 Vornberger, A.; Klass, R.; Oly, L.: Integration for Cooperation Engineering IT goes SOA - A Strategic Approach. DaimlerChrysler EDM/CAE Forum, Integration for Cooperation 2007
- WIR-03 Wirtz, J.; Jungkunz, R.: Digital Long-Term Archiving of Product Information in the Aerospace Industry. ProductData Journal Nr. 1 (2003) 7

10 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von PLM-Lösungen

Die Erstellung einer betriebspezifischen Kosten-/Nutzen-Analyse einer PDM/PLM-Einführung bereitet vielen Unternehmen erhebliche Schwierigkeiten. In den folgenden Ausführungen wird daher eine Anleitung zur Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung vorgestellt (vgl. auch VDI Richtlinie 2219).

10.1 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Einführung von PLM-Lösungen stellt ein Unternehmen vor eine Investitionsentscheidung, dessen Befürwortung eine langfristige Kapitalanbindung mit Folgewirkungen für den Investor bedeutet. Ob ein neues System beschafft, ein altes ersetzt oder eine Erweiterungsinvestition überhaupt vorgenommen wird, hängt von vielen externen und internen Einflussgrößen und Parametern ab, die analysiert und bewertet werden müssen:

- Markt und Absatz (externe Parameter)
 - Stellung der eigenen Produkte am Absatzmarkt (Kostendegression¹ durch andere Fertigungstechnologie);
 - Neuentwicklung und Qualitätsänderung bei der Konkurrenz;
 - Marktsituation: wachsender/schrumpfender Markt, Entstehen eines neuen Markts und/oder Marktlücken;
 - Neu- und Weiterentwicklung eigener Produkte;
 - Prestigeüberlegungen;
 - Diversifizierung² zur Risikoreduzierung und
 - Anforderungen von Kunden bzw. vom Marktsegment.
- Unternehmensdaten (interne Parameter)
 - Technisch-kostenmäßige Gesichtspunkte:
 - Unbrauchbarkeit der alten PLM-Lösung;

¹ Kostendegression: relative Kostenabnahme bei steigender Produktionsmenge [Duden-Verlag]

² Diversifizierung: gezielte Ausweitung des Produktions- und/oder des Absatzprogramms auf bisher nicht angebotene Erzeugnisse, die aber in sinnvollem Zusammenhang mit den bisher erzeugten bzw. abgesetzten Produkten stehen [Duden-Verlag]

- Modernisierungsgrad des vorhandenen Systems im Vergleich zur Konkurrenz oder zum Angebot am Markt;
- Kapazitätsengpässe und
- Rationalisierungen.
- Finanzwirtschaftliche Gesichtspunkte (Finanzbedarfsdeckung):
 - Kapitalaufnahme (Eigen- bzw. Fremdfinanzierung),
 - vorhandene Mittel und
 - Rückflüsse aus vorangegangenen Investitionen.
- Steuerliche Gesichtspunkte:
 - Abschreibungen (neue Investitionen reduzieren i. A. die Steuerzahlung durch Minderung des Jahresüberschusses).

Ausgehend von den allgemeinen Einflussgrößen und Erfahrungswerten aus der Praxis erfolgt in der Investitionsrechnung eine ganzheitliche Erfassung und Bewertung *aller* Kosten und Nutzen einer PLM-Einführung (Abb. 10–1).

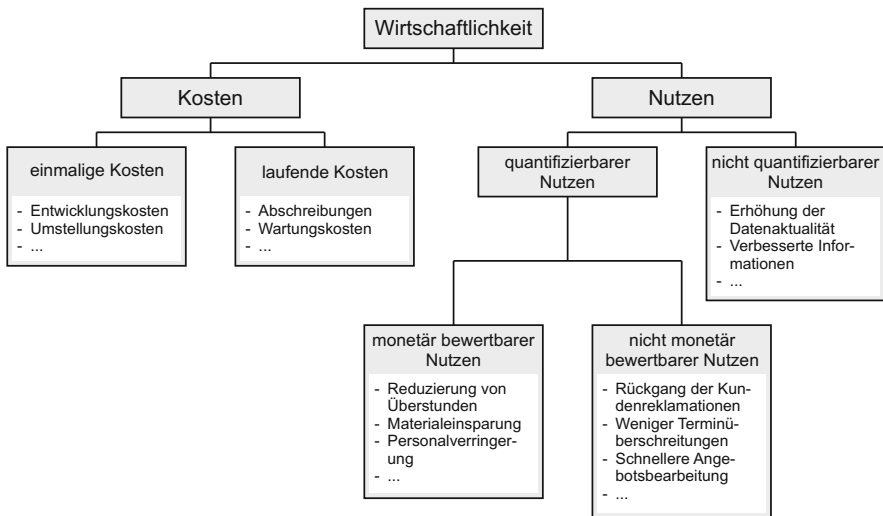


Abb. 10–1 Kosten und Nutzen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Besonders bedeutsam ist, dass aus einer rein kaufmännischen Sicht, bei alleiniger Berücksichtigung der eindeutig rechenbaren Nutzengrößen, eine Systemeinführung i. d. R. zum Scheitern verurteilt ist. Erst die Berücksichtigung der qualitativen Nutzenvorteile in quantifizierbarer Form und ihre Abbildung auf monetären Nutzengrößen ermöglicht eine umfassende Bewertung.

Für die Durchführung von Investitionsrechnungen stehen verschiedene Verfahren zur Wahl, die sich mehr oder weniger zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von PLM-Lösungen eignen.

Die Problematik bei der Anwendung dieser rein mathematischen Methoden liegt darin, dass sich zwar die Kosten einer PLM-Einführung vergleichsweise einfach und eindeutig zuordnen lassen, aber die Erfassung und Quantifizierung der Nutzen sich als deutlich schwieriger gestalten. Denn den Auswirkungen eines durchgängigen Informationsflusses in einem Unternehmen stehen meist keine einfach zu ermittelnden direkten monetären Nutzen gegenüber, wie es z. B. bei einer NC-Maschine mit bekannten Leistungsdaten der Fall wäre.

Nach einer Studie von Emery und Frese kann der wirtschaftliche Nutzen, der sich aus einer Integration aller Informationsstellen in einem Unternehmen ergibt, im Vergleich zu einem Betrieb mit rechnergestützten Inselösungen in einem Schaubild verdeutlicht werden (Abb. 10–2) [SCR–88].

Dabei wird die Differenz zwischen dem theoretisch möglichen Optimum und dem tatsächlich realisierten Maß an Informationsaustausch durch die Kosten der Autonomie ausgedrückt. Der wirtschaftliche Nutzen ergibt sich dann letztendlich aus der Differenz von den jeweiligen Gesamtkosten, die sich wiederum aus der Addition der entsprechenden Kommunikationskosten mit den Autonomiekosten zusammensetzen.

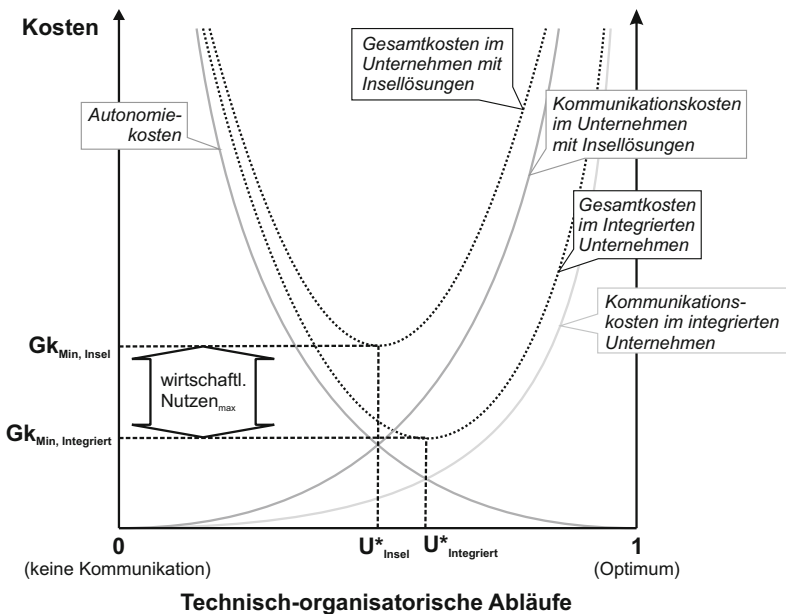


Abb. 10–2 Darstellung des Nutzens bei Integration von Inselösungen (in Anlehnung an [SCR–88])

Wie aus dem Bild zu entnehmen ist, sind die Gesamtkosten in integrierten Unternehmen stets niedriger als in solchen mit rechnergestützten Inseln. Der

Grund hierfür liegt unter anderem in den geringeren Kommunikationskosten des integrierten Unternehmens (vor allem bedingt durch die niedrigeren Kosten beim Informationsaustausch zwischen den Abteilungen).

Weitere Ansätze zu Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im PLM-Umfeld sind in [KAH-01, SCB-07] beschrieben.

10.2 Erstellen einer Investitionsanalyse für PLM

Im Folgenden wird eine fünfstufige Vorgehensweise vorgestellt, um den wirtschaftlichen Nutzen in einer Investitionsrechnung zu erfassen und in eine Investitionsentscheidung einzubringen [SAR-99]:

1. Ermittlung des Ist-Zustandes, d. h. neben einer allgemeinen betriebswirtschaftlichen Statistik, einer unternehmensweiten Verfolgung und zeitliche Registrierung des bisherigen Informationsflusses zwecks Bestimmung der *effektiven Kosten* zur Deckung des betrieblichen Informationsbedarfs und der vorhandenen Schwachstellen.
2. Feststellung und Unterteilung der Auswirkungen einer betrieblichen PLM-Einführung in *monetäre* und *nicht-monetäre* Größen. Anschließend Transformation der nicht-monetären Größen anhand einer firmenspezifisch erstellten Werteskala in monetäre Größen.
3. Eintragung aller quantifizierten Größen in ein *Kosten-Nutzen-Erfassungsmodell*, das firmenspezifische Schwerpunkte erkennen lässt, aus denen Rückschlüsse auf eine eventuelle Systemeinführung gewonnen werden können.
4. Berechnung der Wirtschaftlichkeit, je nach vorliegendem Datenbestand, mit Hilfe gängiger mathematischer Methoden, wie der dynamischen Kapitalwertmethode oder der statischen Amortisationsrechnung.
5. Einbringen des Ergebnisses der Investitionsrechnung in die Investitionsentscheidung.

10.2.1 Schritt 1 der Investitionsanalyse (Ist-Zustand)

Als Grundlage einer Aufnahme des Ist-Zustands dient die betriebswirtschaftliche Statistik. Sie ist die Analyse und Interpretation von intern oder extern anfallendem Zahlenmaterial des Unternehmens mittels statistischer Methoden und Verfahren zum Zwecke der Planung und Kontrolle unternehmerischer

Dispositionen. Sie umfasst insbesondere in den durch die PLM-Einführung tangierten Organisationsbereichen [GAB-92]

- die Statistik der Mitarbeiter nach Tätigkeitsart und -verteilung,
- die Leistungsstatistik, die die Pro-Kopf Leistung, den Auslastungsgrad von Personal und Anlagen sowie die Arbeitsintensität ermittelt,
- die Statistik der Kostenstruktur und Kostenentwicklung,
- die Qualitätsstatistik,
- die Statistik der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und
- die Statistik der Branchenentwicklung.

Diese Daten liegen in den Unternehmen vor und müssen spezifisch für die PLM-Analyse aufbereitet werden.

Ergänzend zur Auswertung der betrieblichen Basisdaten sollte der Aufwand zur Deckung des PLM-relevanten betrieblichen Informationsbedarfs ermittelt werden. Dieses Vorgehen dient einerseits dazu die Informationswege über den ganzen Produktdefinitionsprozess hinweg aufzuzeigen und andererseits die damit verbundenen Kosten (hier ausgedrückt in Arbeitszeit oder direkt in €) nach Möglichkeit isoliert zu betrachten.

a) Informationsbeschaffung

- Suche nach neuen Produktideen und Märkten,
- Suche nach bestehenden Lösungen (Re-use),
- Informationen über Gesetzesauflagen, Patenten usw.,
- Bereitstellung von Informationen,
- Abrufen von Daten und
- andere.

b) Informationserzeugung

- CA-Systeme,
- Dokumentationssysteme,
- Scanner,
- ERP und
- andere.

c) Informationsweiterleitung

(Medien: Post, Datenträger, Telefon, Fax, e-Mail, WEB,...)

- Datenaustausch zwischen CA-Systemen und ERP,
- Datenaustausch zwischen CA-Systemen,
- Datenaustausch zwischen organisatorischen Einheiten,
- Datenaustausch zu Kunden,
- Datenaustausch mit Zulieferern und
- andere.

d) Informationsverarbeitung

- Datentransformation,
- Administrationstätigkeiten (z. B. Freigabe- und Änderungsweisen),
- Statistische Auswertungen und
- andere.

e) Informationsspeicherung

(Beurteilung nach Zugriffszeit und Anschaffungskosten)

- Papier,
- Mikrofilm,
- Festplatte,
- CD-ROM,
- DVD,
- Raumkosten und
- andere.

10.2.2 Schritt 2 der Investitionsanalyse (Feststellen der betriebsspezifischen Auswirkungen der PLM-Einführung)

Der Grad der Auswirkungen ist unternehmensspezifisch und sollte in jedem Unternehmen ermittelt und beurteilt werden. Die in Tabelle 10–1 aufgeführten Anmerkungen wurden aus der Literatur und Anwenderberichten am häufigsten als positive Auswirkungen einer PLM-Einführung genannt [VAS–97].

Tabelle 10–1 Auswirkungen der PLM-Einführung

- Management und Automatisierung von Abläufen im Engineering
- Verringerung von Durchlaufzeiten und Entwicklungskosten
- Vermeidung von Doppelarbeit sowie Unterstützung und Steuerung von Arbeitsfolgen (Workflow-Management)
- vollständige und transparente Auftragsverfolgung, Bereitstellung von Informationen für das Management
- Unterstützung des Freigabe- und Änderungswesens
- Einfache Klassifizierung von Produkten und Komponenten
- effektiveres Informationsmanagement, Verbesserung der Nutzung von Informationssystemen
- schnellerer und eindeutiger Zugriff sowie Wiederverwendung von Informationen (Information Re-use)
- automatische Datensicherung und -archivierung
- hohe Datensicherheit durch weitgehend redundanzfreie Speicherung
- Speicherung des Unternehmens Know-how
- Verbesserung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Unternehmensfunktionen und des gesamten Unternehmens
- Infrastruktur für eine effektivere Arbeit in den Engineering-Bereichen

Die damit korrelierenden Möglichkeiten zur Kostensenkung sind in Tabelle 10–2 zusammengestellt.

Tabelle 10–2 Kostensenkungspotenziale

- Reduktion der Zahl der Mitarbeiter in den Engineering-Bereichen,
- Reduktion der Zahl der Mitarbeiter in den dazu benötigten Stabsabteilungen,
- Reduktion der Materialkosten im Entwicklungsbereich,
- Reduktion der Qualitätskosten (besonders für Nacharbeiten),
- Reduktion der Kosten für Einführung neuer bzw. Anpassung vorhandener Produkte,
- Reduktion des Bestandes an Halbfertigwaren und der Bearbeitungskosten,
- Reduktion der Kosten für Lagerhaltung von Produkten,
- Reduktion der Kosten zur Informationsspeicherung und -bereitstellung,
- Reduktion der Garantie- und Kundendienstkosten,
- Reduktion der Kosten für Konventionalstrafen und Verzug bei Lieferung sowie
- Reduktion der Kosten für die Dokumentation.

Nachdem eine Abschätzung der Einflüsse auf das Unternehmen durch eine PLM-Einführung erfolgt ist, gilt es, die monetär quantifizierbaren Größen von den schwer monetär quantifizierbaren Größen zu trennen. Dabei ist es sinnvoll zur Vorbereitung auf Schritt 4 bei der Erfassung eine Einteilung in direkte und indirekte Größen vorzunehmen (Tabelle 10–3 in Anlehnung an [SCR-88]).

Die Problematik der nicht-monetären Nutzengrößen ist ihre Abbildung auf fiktive monetäre Werte. An dieser Problematik scheitern viele Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von PLM-Systemen. Auch nicht-monetäre Nutzengrößen bewirken einen

- Zugewinn in Geld durch Erhöhung der wertschöpfender Arbeitszeit und/oder
- Zugewinn in Geld, das nicht zusätzlich ausgegeben werden muss und/oder
- Zugewinn in Geld durch indirekte Einsparung/Rationalisierung und/oder
- Zugewinn in Geld durch mehr Absatz.

Tabelle 10–3a Einflussparameter auf den Nutzen einer PLM-Lösung

monetär quantifizierbare Größen	schwer monetär quantifizierbare Größen
<i>direkte Nutzengrößen</i>	<i>direkte Nutzengrößen</i>
Vermeidung von Mehrfacheingaben gleicher Daten	weniger Unterbrechungen im Arbeitsablauf
weniger Wartezeiten	weniger Routinetätigkeiten
geringerer Aufwand für Produkt- bzw. Komponentenerfassung	erhöhte Standardisierung
geringerer Aufwand für das Änderungswesen	höhere Systemsicherheit
Vermeidung bzw. drastische Verringerung des Informationsflusses	Vermeidung bzw. drastische Verringerung von Übertragungsfehlern
Senkung der Lagerbestände	eindeutige Verantwortungszuweisung für Informationsinhalte
Senkung der Werkstattbestände	...
Senkung der Materialkosten	
Senkung der Kosten Informationsspeicherung und -bereitstellung	
...	
<i>indirekte Nutzengrößen</i>	<i>indirekte Nutzengrößen</i>
Senkung der Personalkosten	fertigungs- und montagegerechtere Konstruktionen
Senkung der Energiekosten	Einbeziehung logistischer Aspekte bereits im Planungsstadium
höhere Kapazitätsauslastung	Verkürzung der Produktanlauf- und Produktionsausfallzeiten bei Einführung neuer Produkte
Senkung der Durchlaufzeit	Überwindung von Abteilungsdenken
höhere Ausführungsqualität	höhere Akzeptanz hinsichtlich der Benutzung von Informationen
Senkung der Garantie- und Kundendienstkosten	höherer Flexibilitätsgrad
Senkung Kosten für Konventionalstrafen und Verzug bei Lieferung	höherer Qualitätsgrad
...	größerer Absatz/Umsatz
	...

Tabelle 10–3b Einflussparameter auf die Kosten einer PLM-Lösung

monetär quantifizierbare Größen	schwer monetär quantifizierbare Größen
<i>direkte Kostengrößen</i>	<i>direkte Kostengrößen</i>
PLM-Software	...
neue bzw. erweiterte PLM-Ergänzende Software	
neue bzw. erweiterte Hardware	
...	
<i>indirekte Kostengrößen</i>	<i>indirekte Kostengrößen</i>
Systemeinführung	entstehende Kosten bei Nichteinführung von PLM
Schulung der Anwender	
Altdatenerfassung	...

Nicht monetäre Kostengrößen haben i. d. R. zur Folge:

- Verlust in Geld durch Absatzrückgang und/oder
- Verlust in Geld, das zusätzlich ausgegeben werden muss.

Nachdem die monetären Auswirkungen der Einflussgrößen definiert worden sind, stellt sich die Frage nach der Intensität bzw. dem Betrag der Einflussgröße.

Eine Orientierungshilfe zur Beantwortung dieser Frage kann die nachfolgende bei Unternehmen durchgeführte Studie bilden, die eine Gewichtung der Nutzenerwartungen an eine PLM-Lösung von fachkundigen Personen vornehmen ließ [HOH–94]. Die Bewertung erfolgte nach der Wichtigkeit der jeweiligen Nutzengröße in den Einstufungen von 1 bis 9, wobei 1 für sehr unwichtig und 9 für sehr wichtig steht.

Die Ergebnisse der Befragungen sind als graphische Darstellungen (Tabelle 10–4) der Mittelwerte aufgeführt und zeigen in ihrer Summe das aus dieser Umfrage erhaltene Nutzenprofil.

Tabelle 10–4 Auszug aus Nutzenprofil [HOH–94]

I. Reduzierung der Kosten	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Erhöhte Standardisierung in der Konstruktion									7,32
2. Höhere Kapazitätsauslastung									5,59
3. Senkung der Lager- und Werkstattbestände									5,95
4. Möglicher Personalabbau									3,87
5. Wiederverwendung von Zeichnungen/Teilen									8,0
6. Einmalige Dateneingabe									7,8
7. Weniger physischer Datenträger									5,18
8. Verringerung des Papieraufkommens									5,6
II. Qualitätssteigerung	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Unterstützung der ISO 9000									7,25
2. Vereinfachter Modell- und Prototypenbau									5,46
3. Weniger Ausschuss in der Produktion									6,7
4. Bessere Unterlagen									5,62
5. Vermeidung von Übertragungsfehlern									5,62

Mit Beachtung dieser Bewertung kann nun eine Transformation der schwer monetär erfassbaren Einflussgrößen in monetäre Größen vorgenommen werden. Ein Versuch, wie dieses umgesetzt werden kann, soll an folgendem Beispiel demonstriert werden:

Beispiel: höherer Flexibilitätsgrad als eine schwer quantifizierbare indirekte Nutzengröße

Definition: Flexibilität bedeutet in diesem Zusammenhang die Fähigkeit von Unternehmen auf Kunden- und Lieferantenwünsche bzw. Forderungen, Marktveränderungen und -entwicklungen reagieren zu können.

Höhere Flexibilität bietet u. a. folgende indirekt ableitbaren monetären Nutzenkomponenten:

- Zugewinn in Geld durch mehr (branchenübergreifenden) Absatz infolge schnellerer Reaktionen auf Kundenbedürfnisse,
- Zugewinn in Geld durch Steigerung des Know-hows angesichts eines breiteren Tätigkeitsfelds,
- Zugewinn in Geld durch Einsparungen an Lieferanten infolge lieferantengerechter Anpassung,
- Gewinne aus Absatzsteigerungen,
- Gewinne aus Patenten und
- Preisanhebungen eigener Produkte infolge Marktersteinführungen.

Der monetäre Nutzen kann aus einem Ist-Soll-Vergleich abgeschätzt werden:

$$\Sigma \text{Gewinne}_{\text{Soll}} - \Sigma \text{Gewinne}_{\text{Ist}} = \text{monetärer Nutzen}_{\text{höhere Flexibilität}}$$

$\Sigma \text{Gewinne}_{\text{Ist}}$: Aus betriebswirtschaftlicher Statistik zu entnehmen

$\Sigma \text{Gewinne}_{\text{Soll}}$: Abschätzung möglicher Gewinne durch eine höhere Flexibilität

Da die Gewinne aus dem Soll-Zustand ($\text{Gewinne}_{\text{Soll}}$) nur Schätzwerte sind, können generell bei Unsicherheit zwei Abschätzungen durchgeführt werden - mit jeweils maximalen bzw. minimalen Gewinnwerten:

- 1) $\Sigma \text{Gewinne}_{\text{Soll,max}} - \Sigma \text{Gewinne}_{\text{Ist}}$
= monetärer Nutzen_{höhere Flexibilität,max}
- 2) $\Sigma \text{Gewinne}_{\text{Soll,min}} - \Sigma \text{Gewinne}_{\text{Ist}}$
= monetärer Nutzen_{höhere Flexibilität,min}

10.2.3 Schritt 3 der Investitionsanalyse (Kosten-Nutzen-Erfassungsmodell)

Nachdem alle relevanten Größen in quantifizierter Form vorliegen, erfolgt die Eintragung der Geldwerte in ein Kosten-Nutzen-Erfassungsmodell. Das Modell baut sich aus einem Kostenteil und einem Nutzteil auf (Abb. 10–3).

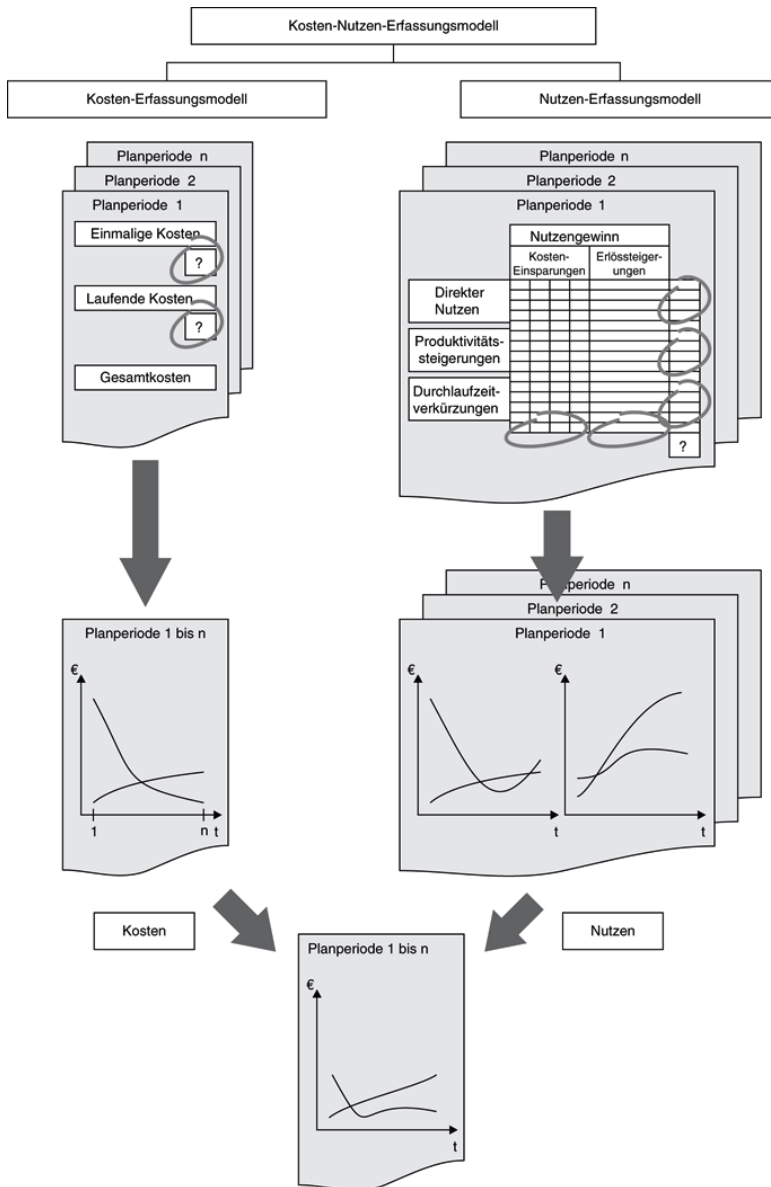


Abb. 10–3 Grobaufbau und Auswertung des Kosten-Nutzen-Erfassungsmodell

Bei der Erfassung aller anfallenden, für den jeweiligen Betrieb relevanten Kosten für die Einführung und Anwendung einer PLM-Lösung in einem *Kosten Erfassungsmodell*, werden die Beträge in „Einmalige“ und „Laufende“ Kosten unterschieden, die sich wiederum in weitere Kostenarten aufteilen.

Diese Aufteilung ermöglicht eine zeitbezogene Betrachtung der Investitionsbelastungen nach Planperioden.

Die Erfassung der Nutzen gestaltet sich im Vergleich zu den Kosten umfangreicher, da mehrere Aspekte berücksichtigt werden müssen. Dem Aufbau des *Nutzenerfassungsmodells* liegen folgende Gedanken zu Grunde:

1. Die Grobteilung der Nutzenarten erfolgt in „Direkte Nutzen“, „Produktivitätssteigerungen“ und „Durchlaufzeitverkürzung“. Dem Investor wird durch eine weitere Feineinteilung in eine aufgabenbezogene Zuordnung der von den Nutzengrößen einer Integration bewirkten Erträge das Erkennen von Ertragschwerpunkten sofort ermöglicht (hieraus lassen sich z. B. Prioritäten ableiten, die bei einer schrittweisen Integration zur Geltung kommen).
2. Eine Unterteilung der Erträge in Umsatzerlössteigerungen und kostenartenbezogene Kosteneinsparungen (Personal-, Material-, Zins- und sonstige Kosten) erleichtert später die Investitionskontrolle.
3. Die Unterscheidung der Ertragskomponenten nach Planperioden zur Darstellung der Entwicklung der Ertragswerte im Zeitablauf ist unter anderem für die Anwendung dynamischer Investitionsrechenverfahren wichtig.
4. Jede einzelne Ertragskomponente wird entsprechend dem Grad der Realisierungswahrscheinlichkeit nach minimalen (Min), maximalen (Max) und durchschnittlichen (Average) Anteilen getrennt ausgewiesen und kann entsprechend in der Investitionsrechnung (Risikoabschätzung durch mehrfache Berechnung) berücksichtigt werden.
5. Die Summen der Erträge jeweils über Spalten und Zeilen und deren Addition zu der Gesamtertragssumme (Gesamtnutzen) pro Planperiode werden separat in Diagrammen über alle Planperioden hinweg zur Verdeutlichung ihrer Entwicklung dargestellt.

10.2.4 Schritt 4 der Investitionsanalyse (Berechnung)

Wenn alle auftretenden Größen monetär erfasst sind, erfolgt die Berechnung der Wirtschaftlichkeit von PLM-Lösungen, je nach vorliegendem Datenbestand, mit Hilfe gängiger mathematischer Methoden. Eine Übersicht über verschiedene Berechnungsverfahren und ihre Zuordnung vermittelt folgende Darstellung (Abb. 10–4).

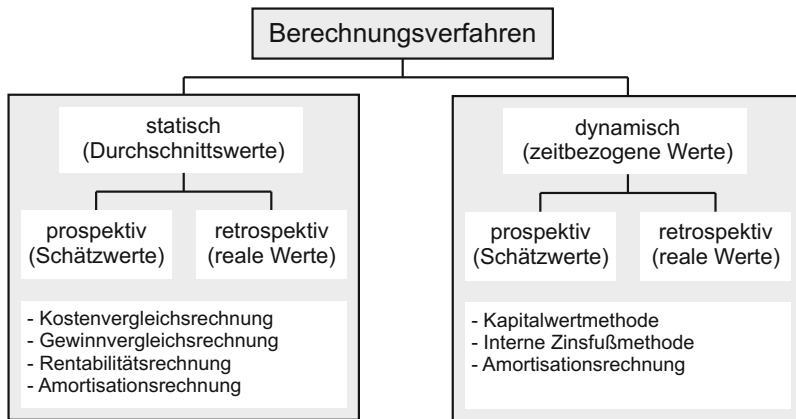


Abb. 10–4 Gliederung der Berechnungsverfahren [VAS–97]

Die Verfahren zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer PLM-Lösung lassen sich einerseits in prospektive und retrospektive und andererseits in statische und dynamische Verfahren gliedern.

Bei der prospektiven Betrachtung werden die von der Einführung und Anwendung der PLM-Lösung erwarteten Kosten und Nutzen geschätzt oder aus Erfahrungswerten ermittelt.

Bei der retrospektiven Betrachtung gehen die tatsächlich angefallenen Kosten und Nutzen in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit ein.

Statische Berechnungsverfahren

Die statischen oder einperiodischen Methoden der Investitionsrechnung, die prospektiv oder retrospektiv angewendet werden können, gehen von vereinfachenden Annahmen aus (z. B. durchschnittliche jährliche Kosteneinsparungen, durchschnittlich gebundenes Kapital), die das Anlaufverhalten einer PLM-Anwendung nicht berücksichtigen und damit den Aussagewert für die Beurteilung von Investitionsalternativen erheblich einschränken. Trotzdem haben diese Verfahren vor allem dann ihre Berechtigung bei der prospektiven Bestimmung der Wirtschaftlichkeit, wenn nur Schätzwerte für Kosten und Nutzen zur Verfügung stehen [VAS–97].

Folgende statische Methoden werden vorgestellt:

Kostenvergleichsrechnung

Die bestimmende Größe ist hier die Kostenreduktion, die durch den Einsatz der PLM-Lösung erzielt wird. Es werden die Kosten von zwei oder mehr Investitionsalternativen (A-i) für eine Durchschnittsperiode gegenübergestellt und die kostenmäßig günstigste Alternative wird dann gewählt (Tabelle 10–5).

Tabelle 10–5 Kostenvergleichstabelle von PLM-Alternativen [GÖB–93]

Kosten	kein PDM/ PLM	A-1	A-2	A-n
<i>Einmalige Kosten:</i>				
Investition in die PLM-Lösung				
Anfangsinvestition in ergänzende SW				
Anfangsinvestition in ergänzende HW				
Investition in Kommunikations-SW/HW				
Ausbildungskosten am System				
Kosten für Arbeiten im Vorfeld				
Beratungs- und Planungskosten				
Kosten für die Systemauswahl				
Folge-/Erweiterungsinvestition in PLM-SW				
Folge-/Erw.-inv. in PLM-bezogene HW				
Folge-/Erw.-inv. in Kommunikationssysteme				
Folge-/Erw.-inv. in ergänzende/unterstützende SW				
Sonstige Kosten				
<i>Laufende Kosten:</i>				
Wartung				
Zus. Wartungskosten für ergänz./unterstützende SW				
PLM-Administration				
Administration: ergänzende SW				
Entw., Einführung, Schulung neuer Arbeitstechniken				
Kosten für den PLM-Betrieb und der dazu erforderlichen Mitarbeiter				
Kosten für die Kommunikation				
Laufende Anpassung der PLM-Lösung				
Laufende Integration mit int. und ext. Anwendungen				
Datenübertragung aus anderen Systemen in PLM				
Fortlaufende Anpassung von Geschäftsprozessen				
Laufende Weiterbildung und Beratung der Anwender				
Teilnahme an PLM-Konferenzen und Anwendergruppen				
Fremdleistung				
Sonstige Kosten				
Kosten bei Nichteinführung				

Dabei ist ein Investitionsobjekt absolut vorteilhaft, falls seine Kosten geringer sind als die der Unterlassungsalternative. Ein Investitionsobjekt ist relativ vorteilhaft, falls seine Kosten geringer sind als die eines jeden anderen zur Wahl stehenden Objekts.

Als Kostenarten sind zu berücksichtigen:

- Personalkosten (Löhne, Gehälter, Sozialkosten, etc.),

- Materialkosten,
- Abschreibungen,
- Zinsen,
- Steuern, Gebühren, Beiträge sowie
- Kosten für Fremdleistungen.

Die entstehenden Kosten bei einer Nichteinführung einer PLM-Lösung sind gleichzusetzen mit dem Aufwand, der künftig erbracht werden muss, um den äußeren Zwängen gerecht werden zu können. Bei der Kostenvergleichsrechnung gilt es zu beachten, dass

- die Erlöse der Alternativen gleich hoch sind, da ansonsten eine Kostenminimierung nicht unbedingt einer Gewinnmaximierung entspricht,
- keine zeitlichen Unterschiede im Anfallen der Kosten gemacht werden.
- Die Kostenvergleichsrechnung wird oft angewandt bei:
 - Auswahlproblemen: Welche von mehreren funktionsgleichen Anlagen soll installiert werden?
 - Ersatzproblemen: Soll eine vorhandene Anlage in einem bestimmten Zeitpunkt ersetzt werden oder nicht?

Gewinnvergleichsrechnung

Bei der Gewinnvergleichsrechnung werden neben den Kosten auch die Leistungen einbezogen. Die Zielgröße ist der durchschnittliche Gewinn, der als Differenz aus Leistungen und Kosten ermittelt wird:

$\text{Gewinn}_{A-i} = \text{Umsatz}_{A-i} - \text{Kosten}_{A-i}$

Dabei ist ein Investitionsobjekt absolut vorteilhaft, falls sein Gewinn größer als Null ist. Ein Investitionsobjekt ist relativ vorteilhaft, falls sein Gewinn größer ist als der eines jeden anderen zur Wahl stehenden Objektes. Die Werte werden in ein Formular entsprechend Tabelle 10–6 eingetragen.

Tabelle 10–6 Gewinnvergleichsrechnung für PLM-Lösungen

	kein PDM/ PLM	A-1	A-2	A-n
Kosten (<i>siehe Kostenvergleichsrechnung</i>)				
Umsatz (<i>Schätzwerte</i>)				
Gewinn = Umsatz – Kosten				
Alternativen mit höchstem Durchschnittsgewinn				

Zu beachten ist, dass eine Gewinnvergleichsrechnung nur dann brauchbar ist, wenn es sich um Investitionen mit gleicher Nutzungsdauer sowie gleichem Kapitaleinsatz handelt und der Output fest vorgegeben und sicher ist. Andernfalls sind Fehlentscheidungen nicht auszuschließen [BUR-97].

Rentabilitätsrechnung

Die Wirtschaftlichkeit wird bei der Rentabilitätsrechnung anhand der durch die Investition erzielbaren Verzinsung des eingesetzten Kapitals beurteilt. Damit die Investition wirtschaftlich ist, muss die Rentabilität einen vom Unternehmen vorgegebenen Grenzwert übersteigen.

Die Rentabilitätsrechnung unterscheidet sich von der Gewinnvergleichsrechnung im Hinblick auf die Zielgröße. Bei dieser handelt es sich um eine Rentabilität, die aus dem Verhältnis einer Gewinngröße zu einer Kapitaleinsatzgröße gebildet wird.

$$\text{Rentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Kapitaleinsatz}}$$

Die Gewinngröße und Kapitaleinsatzgröße können unterschiedlich definiert werden. Zweckmäßig erscheint es, als Kapitaleinsatzgröße die durchschnittliche Kapitalbindung zugrunde zu legen. Die Gewinngröße kann als Summe aus dem durchschnittlichen Gewinn und den Durchschnittszinsen ermittelt werden [GÖB-93].

$$\text{Rentabilität} = \frac{\text{durchschnittl. Gewinn} + \text{durchschnittl. Zinsen}}{\text{durchschnittl. Kapitaleinsatz}}$$

Dabei ist ein Investitionsobjekt absolut vorteilhaft, falls seine Rentabilität höher ist als ein vorzugebender Grenzwert. Ein Investitionsobjekt ist relativ vorteilhaft, falls seine Rentabilität höher ist als die eines jeden anderen zur Wahl stehenden Objekts.

Amortisationsrechnung

Das Kriterium bei der Amortisationsrechnung ist die Amortisationsdauer (A) oder die Kapitalrückflusszeit (Länge des Zeitraums für den Rückfluss des eingesetzten Kapitals), die unter einem vorgegebenen Grenzwert liegen muss.

$$A = \frac{\text{Kapitaleinsatz}}{\text{jährliche Nutzen} + \text{Abschreibungen}} [\text{Jahre}]$$

Dynamische Berechnungsverfahren

Die dynamischen, mehrperiodischen Verfahren (Kapitalwertmethode und deren Varianten wie die interne Zinsfußmethode und die Barwertmethode) gehen davon aus, dass den zu beurteilenden Investitionsmöglichkeiten jeweils eine Auszahlungs- (bzw. Ausgaben-)Reihe und eine Einzahlungs- (bzw. Einnahmen-)Reihe zugeordnet werden kann. Ein Vergleich dieser Reihen mit Hilfe eines vorzugebenden Kalkulationszinsfußes auf den gleichen Zeitpunkt diskontiert, zeigt, ob eine Investition vorteilhaft ist oder nicht; bei mehreren möglichen Investitionen unter bestimmten Voraussetzungen kann ermittelt werden, welche davon die günstigste ist [GAB-92, VAS-97, GÖB-93]. Die Abbildungen 10-5 und 10-6 zeigen diesen Vergleich.

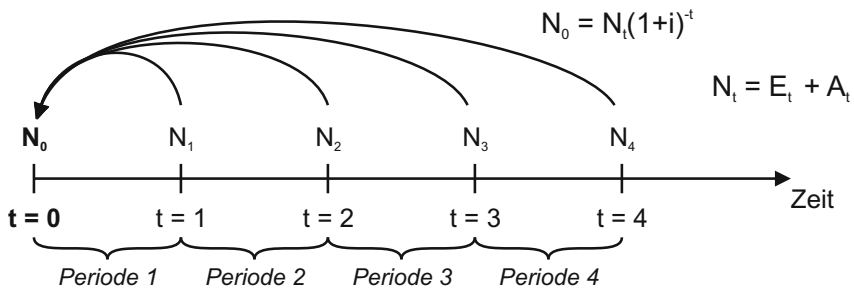


Abb. 10-5 Abzinsungen von Nettozahlungen (N_i) bei der Kapitalwertmethode [GÖB-93]

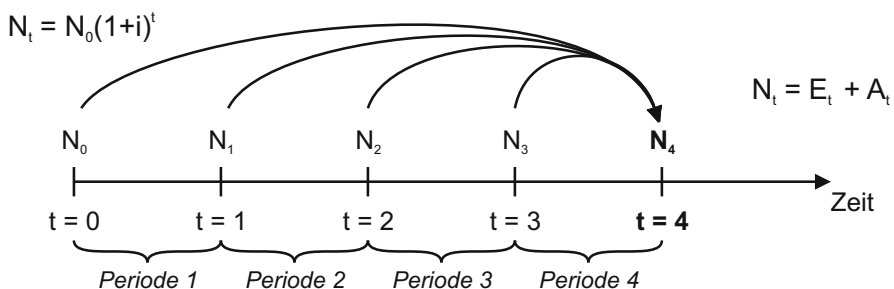


Abb. 10-6 Abzinsungen von Nettozahlungen (N_i) bei der Kapitalwertmethode [GÖB-93]

Kapitalwertmethode (Barwertmethode)

Eine auf den Zeitpunkt $t=0$ diskontierte Zahlung bezeichnet man als Barwert. Der Kapitalwert einer Investition ergibt sich aus der Differenz der Summe der Barwerte aller Einnahmen und der Summe der Barwerte aller Ausgaben [REN-95]. Die Diskontierung erfolgt mit einem Zinssatz, der der gewünschten Mindestverzinsung (Kalkulationszinsfuß) des Investors entspricht.

Ist der Kapitalwert gleich Null, so wird gerade diese Mindestverzinsung erzielt, d. h. die Einzahlungsüberschüsse reichen aus, um die Anfangszahlungen zu tilgen und das investierte Kapital zum Kalkulationszinsfuß zu verzinsen. Bei positivem Kapitalwert wird eine über dem Zinsfuß liegende Verzinsung des eingesetzten Kapitals erzielt, bei einem negativen Kapitalwert eine darunter liegende.

$$C_0 = -I + \sum_{t=1}^{t=T} \frac{(E_t - A_t)}{(1+i)^t}$$

C_0 = Kapitalwert

I = Investition (Kauf)/Sonderzahlung (Leasing), Jahr 0

E_t = Einzahlungen (Einsparungen) in t

A_t = Auszahlungen (Ausgaben) in t

i = Zinsfuß (gewünschte Mindestverzinsung)

T = Laufzeit (i. d. R. Abschreibungsdauer)

Interne Zinsfußmethode

Bei der Methode des internen Zinssatzes sucht man den Diskontierungssatz, bei dem die Barwerte der Einzahlungen den Barwerten der Auszahlungen entsprechen, was zu einem Kapitalwert von Null führt. Auf diese Weise erhält man die Effektivverzinsung eines Investitionsprojekts [REN-95].

Gegeben: $C_0 = 0$ ($\rightarrow$ Laufzeit T)

Berechnung: i^* ($C_0=0, T$)

Ergebnis: wenn $i^* > i$, dann absolute Vorteilhaftigkeit für das Investitionsobjekt

$$C_0 = 0 = -I + \sum_{t=1}^{t=T} \frac{(E_t - A_t)}{(1+i^*)^t}$$

Für $t > 3$ lässt sich die Gleichung nicht mehr explizit auflösen, d. h. die Lösung für i^* ist durch ein iteratives Vorgehen bzw. ein Näherungsverfahren zu bestimmen.

Dynamische Amortisationsdauer

Die Amortisationsrechnung geht von der Überlegung aus, ob sich eine Investition in einem gewünschten Zeitraum amortisiert oder nicht [REN-95]. Die sog. Amortisationsdauer bezeichnet den Zeitraum, in dem es möglich ist, die Anschaffungsausgaben einer Investition wiederzugewinnen. Eine Investition ist amortisiert, sobald die Erlöse die Anschaffungsausgaben und die laufenden Betriebskosten decken.

Dieses Verfahren orientiert sich am Sicherheitsstreben des Investors, d. h. je risikobehafteter ein Projekt ist, desto kürzer wird die gewünschte Amortisationsdauer sein.

Gegeben:	Zinsfuß i^* ($C_0 = 0$) Grenz-Amortisationsdauer T_{Grenz}
Berechnung:	Amortisationsdauer T_A
Ergebnis:	wenn $T_A < T_{\text{Grenz}}$, dann absolute Vorteilhaftigkeit für das Investitionsobjekt

$$I = \sum_{t=1}^{t=T_A} \frac{(E_t - A_t)}{(1 + i^*)^t}$$

Für $t > 3$ lässt sich die Gleichung nicht mehr explizit auflösen, d. h. die Lösung für i^* ist durch ein iteratives Vorgehen bzw. ein Näherungsverfahren zu bestimmen.

10.2.5 Schritt 5 der Investitionsanalyse (Ergebnisaufbereitung)

Die Investitionsrechnung bildet für die Investitionsentscheidung die Grundlage, auf der sich auch die strategisch zu vertretenden Argumente aufbauen.

Wettbewerbsvorsprung, Firmenprestige und Zukunftsorientierung sind beispielsweise relevant für den Fortbestand des Unternehmens, können jedoch i. d. R. nicht eindeutig mit dem Umsatz des Unternehmens in Bezug gebracht werden. Die Relation der strategischen Argumente zu der Investitionsrechnung offenbart sich sehr deutlich darin, dass eine, nach einer Wirtschaftlichkeitsberechnung als nachteilig bewertete Investition, fast keine Realisierungschancen besitzt. Strategische Aspekte haben jedoch ihren Stellenwert im direkten Vergleich mit anderen parallel laufenden Investitionsanträgen und können bestimmend auf die Investitionsentscheidung einwirken.

Auf die Frage, warum trotzdem viele gute Investitionsanträge scheitern, können folgende Aussagen als Antwort dienen:

- Der Investitionsumfang wird unrealistisch hoch bzw. niedrig eingeschätzt.

- Dem Management wird das Projekt zu detailliert präsentiert, was dazu führt, dass die Komplexität der Sache den nötigen Überblick verwischt.

Um das Scheitern eines Investitionsantrags durch obige Gründe zu vermeiden sollten diese Punkte beachtet werden:

- Die Investitionsplanung sollte nur in Zusammenarbeit mit Experten durchgeführt werden, denen die kritischen Passagen bei der Softwareeinführung in das spezielle Unternehmen hinlänglich bekannt sind.
- Um dem Management einen Schnelleinstieg in die Materie zu ermöglichen, ist es angebracht die vorangegangenen Studien auf ein Mindestmaß konzentriert zu präsentieren.

Zu diesem Zweck können die komprimierten Präsentationsvorlagen, die den Abb. 10–7, 10–8 und 10–9 zu entnehmen sind, genutzt werden [KZE–99].

Übersicht aller Nutzenpotentiale / Jahr	Übersicht - 1 Mustermann AG		
	Min	Mittelwerte	Max
Direkte Kosteneinsparungen			
Administration von Dokumentenarchiven	1.427 TSFR	1.869 TSFR	2.311 TSFR
Dokumentenverteilung	65 TSFR	189 TSFR	314 TSFR
Prototypen / Musterbau	3 TSFR	25 TSFR	48 TSFR
Admin./Pflege von eigenentw. Systemen & Schnitts	702 TSFR	765 TSFR	809 TSFR
Summe direkte Kosteneinsparungen	2.196 TSFR	2.839 TSFR	3.482 TSFR
Nutzen durch Produktivitätssteigerung			
Teilwiederverwendung / Wiederholteile	126 TSFR	286 TSFR	446 TSFR
Redundante Dateneingabe	70 TSFR	87 TSFR	104 TSFR
Suche/Zugriff auf Produktinformationen und Bauteile	710 TSFR	1.314 TSFR	1.918 TSFR
Nacharbeit und Ausschuß	28 TSFR	47 TSFR	65 TSFR
Änderungshäufigkeit (1)	573 TSFR	1.143 TSFR	1.713 TSFR
Änderungshäufigkeit (2)	-	-	-
Fremdbauteilerfassung (Lizenzfertigung)	110 TSFR	129 TSFR	149 TSFR
Fremdstücklistenfassung (Lizenzfertigung)	53 TSFR	57 TSFR	61 TSFR
Summe Produktivitätssteigerung	1.669 TSFR	3.063 TSFR	4.456 TSFR
Gewinnsteigerung aufgrund DLZ-Verkürzung			
Verkürzung der Produktentwicklungszeiten	250 TSFR	1.475 TSFR	2.700 TSFR
Summe Nutzen durch Zeiteinsparungen	250 TSFR	1.475 TSFR	2.700 TSFR
Summe aller Nutzenpotentiale	4.116 TSFR	7.377 TSFR	10.638 TSFR
Kennzahl: Nutzen / Gesamtumsatz	1,6%	3,0%	4,3%

□ 2,9 Mio SFR/Jahr direkte
Kosteneinsparungen

□ 3 Mio SFR/Jahr durch
Produktivitätssteigerung

□ 1,5 Mio SFR/Jahr durch
Verkürzung der DLZ

7,3 Mio SFR

Abb. 10–7 Komprimierte Zusammenfassung des Nutzens [KZE-99]

	Year 1	Year 2	Year 3
Initial costs			
Consulting	250.000 \$	350.000 \$	
Hardware	500.000 \$		
Software	1.200.000 \$		
System installation			
Infrastructure prep.			
Initial Training	200.000 \$		
Total Initial Cost	2.150.000 \$	350.000 \$	
Annual costs			
System administration	150.000 \$	150.000 \$	
Maintenance (HW/SW)			
Upgrade Training			
Total Annual Cost	150.000 \$	150.000 \$	
Total costs	2.300.000 \$	500.000 \$	

Abb. 10–8 Komprimierte Zusammenfassung der Kosten [KZE–99]

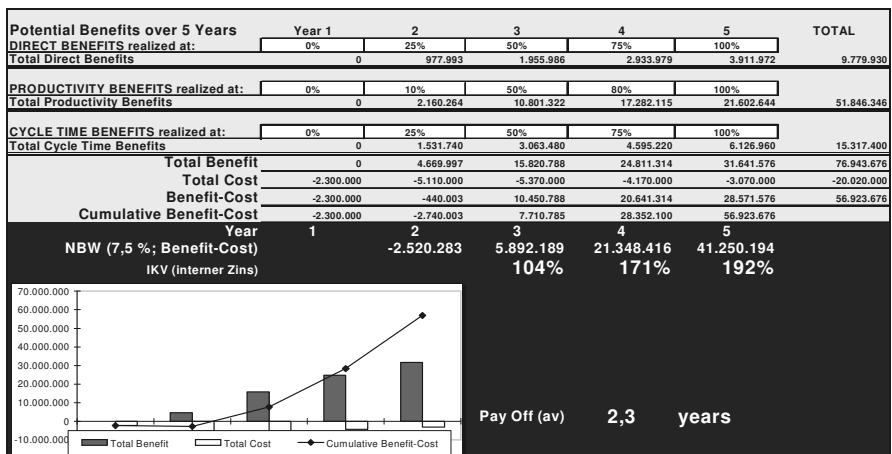


Abb. 10–9 Komprimierte Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsberechnung [KZE–99]

Aus den vorangegangenen Darstellungen erhält das Management die Möglichkeit, auf drei Blättern alle relevanten Nutzen- und Kostengrößen der Investition und deren Verknüpfungen zueinander zu erfassen (☞ vereinfachte Version, der in Schritt 3 beschriebenen Kosten- und Nutzengrößen). Des weiteren können bei Unstimmigkeiten oder beim Abwägen von Alternativen die Werte sofort in den Tabellen geändert und die Ergebnisse in Diagrammen angezeigt werden. Dazu genügt es lediglich, die Werte in den beiden Kosten- und Nutzentabellen auf der linken Hälfte des Blattes bzw. der Folie manuell einzugeben, da alle weiteren Berechnungen das Programm automatisiert durchführt. Zur Visualisierung gemäß der Definition der allgemeinen Wirtschaftlichkeit

werden Gesamtnutzen und Gesamtaufwand zu einem direkten Vergleich betragsentsprechend in einem Säulendiagramm dargestellt. Die zeitliche Entwicklung der Kosten und Nutzen wird zum einen in Tabellen aufgelisteten Werten und zum anderen in Säulendiagrammen über mehrere Planperioden prozentual aufgeteilt wiedergegeben. Zwei weitere Kurven, die in dieses Säulendiagramm integriert sind, geben zum einen die jährlichen Differenzen und zum anderen die kumulierten Beträge der Kosten und Nutzen wieder.

10.3 Beispiele von Nutzenkomponenten PLM

In der Literatur werden eine Reihe mehr oder weniger konkreter bzw. quantifizierbarer Nutzenkomponenten aufgeführt. Einige Beispiele sollen eine Anleitung und Hilfe darstellen, die betriebsspezifischen Nutzenkomponenten zu ermitteln.

Viele Autoren beziehen den PLM-Nutzen vor allem auf folgende vier Faktoren [HWP-93, MCI-95, VDM-95]:

- *Der Zeitfaktor*
CIMdata und Gartner Group [BUD-94] gehen in ihren Annahmen von einer zeitlichen Reduktion des Engineering Aufwandes von 10 bis 30% aus. Die Einsparungen resultieren insbesondere im Dokumentenzugriff und dem Änderungswesen. Das Unternehmen ERICSSON gibt in einer Nachrechnung z. B. eine durchschnittliche Einsparung von 25k\$ pro Änderungsprojekt an, die sich aus einem Vergleich des herkömmlichen Änderungswesen mit einer PLM unterstützten Änderung ergeben (Drei Stunden und 20 Minuten zu fünf Minuten pro Änderungsprojekt) [TAX-99]. Einen interessanten Ansatz, den Einfluss von zeitlichen und kostenorientierten Faktoren in prozentuale Gewinnreduktion auszudrücken, zeigt McKinsey&Co. in Abbildung 10-10.

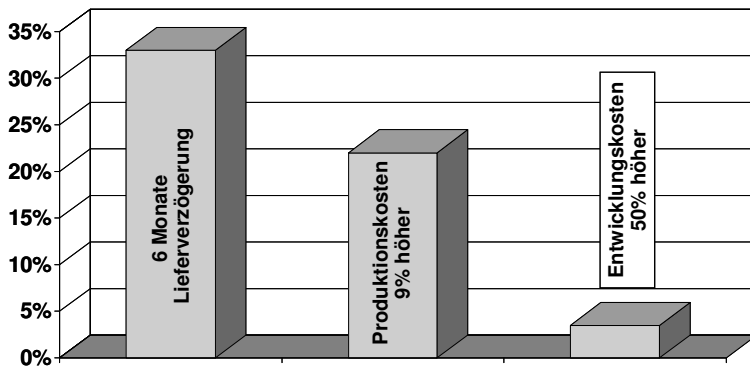


Abb. 10–10 Zeitabhängigkeit der Gewinnreduktion (Quelle: McKinsey)

Im Folgenden sind drei Beispiele einer namhaften Unternehmensberatung aufgeführt, die verschiedene Kosteneinsparungspotenziale bei unterschiedlichen Unternehmen nachweisen [KZE–99] (Abb. 10–11, 10–12 und 10–13).

Ausgangssituation

- 1000 Mitarbeiter verbringen bei der Entwicklung innovativer Produkte durchschnittlich 50% ihrer Zeit mit Informationssuche und -bereitstellung (35 Mio. €/Jahr)

Maßnahmen

- PLM-Einführung über den gesamten Produktlebenszyklus (Gesamtbudget 22,5 Mio. €)

Ergebnis

- Suchaufwand von 50% auf 20% reduziert
- Einsparungen/Umsatzsteigerungen durch Produktivitätssteigerung bereits im dritten Jahr bei 21 Mio. €

Abb. 10–11 Ein Technologieführer reduzierte durch PLM den Suchaufwand

Ausgangssituation

- Produktentwicklungsdaten werden in 15 verschiedenen Datenbanken und Ablagesystemen verwaltet
- Direkter Abgleich der Datenbanken erfordert $n(n-1) = 210$ Pre- und Postprozessoren; acht IT-Spezialisten/Jahr

Maßnahmen

- Implementierung einer übergeordneten PLM-Lösung, welche die Produktdaten der 15 Datenbanken in Beziehung setzt

Ergebnis

- Reduzierung der Schnittstellen von 210 auf 30 ($= 2n$)
- Pflegeaufwand von acht auf zwei Mannjahre gesenkt

Abb. 10–12 Reduzierte IT Aufwände*Ausgangssituation*

- Zykluszeit eines änderungsbedingten Konstruktionsdatenaustauschs zwischen Automobilhersteller und Systemlieferant dauerte sieben Arbeitstage; Kosten im Durchschnitt 25.000 €
- pro Baureihe 350 Arbeitstage; 1,25 Mio. €

Maßnahmen

- Optimierung, Abstimmung der Abläufe
- DV-technische Lieferantenintegration (EDI, PLM-Client)

Ergebnis

- DLZ pro Änderung von sieben auf zwei Arbeitstage
- Gesamt-DLZ gesenkt von 350 auf 250 Arbeitstage
- Einsparung 1 Mio. € pro Baureihe

Abb. 10–13 Reduzierte Änderungszyklen mit Systemlieferanten in Automobilindustrie

- *Der Qualitätsfaktor*

Es wurde bereits mehrfach darauf hingewiesen, dass PLM die Umsetzung der QM Richtlinien – insbesondere das Freigabe- und Änderungswesen sowie die Rekonfigurierung im Schadensfalle – wesentlich unterstützt. Die Aktualität der Daten und eine stärkere Kontrolle der Prozesse sind Faktoren eines geldwerten Vorteils. Es wurde nachgewiesen, dass ca. 10% der Fertigungsfehler auf Zugriff auf veraltete Dokumentation basierte. Es ist auch bekannt, dass die Fehlerbeseitigung direkt im Konstruktionsprozess überproportional kostengünstiger ist als in späteren Phasen des Le-

benszyklus. Gartner Group gibt die Qualitätsverbesserung als prozentuale Einsparung vom Jahresumsatz an. Danach lassen sich 2 bis 5% durch

- reduzierte Fehler und Überarbeitung,
- schnellere Abläufe,
- Reduzierung von Entwicklungsfehlern und
- Reduzierung der Garantiefälle

einsparen. Darüber hinaus gibt Gartner Group eine drastische Reduktion von Entwicklungsfehlern von bis zu 50% an.

- *Der Wiederverwendungsfaktor*

Ein großer Anteil der Konstruktionen setzt sich aus existierenden oder geringfügig geänderten Teilen und Baugruppen zusammen. Das Einsparungspotential durch optimiertes Suchen bei der Wiederverwendung von Konstruktionselementen wird in der Industrie auf ca. 10% geschätzt. Betrachtet man den gesamten Produktlebenszyklus und bedenkt, dass ein wieder verwendetes Teil natürlich auch wieder verwendbare Arbeitspläne, Werkzeuge, Vorrichtungen, Montageautomaten und Lagerplätze nach sich zieht, so wird das Einsparungspotential nochmals vervielfältigt. Ein Beispiel eines Einsparungsnachweises ist in Abb. 10–14 aufgeführt (Annahme: Zwölf Konstrukteure mit einem Stundensatz von US-\$ 50).

	Einsparung in h/Monat	Einspa- rung in %	\$
Nutzen von aktuellen Konstruktionen	21,6	4,5	1.380
Auffinden von existierenden Dokumenten	28,8	6,0	1.440
Wiederverwendung von archivierten Lösungen	33,6	7,0	1.680
Gesamte monatliche Einsparung	84,0	17,5	4.500

Abb. 10–14 Kosteneinsparungen bei Wiederverwendung von Konstruktionselementen [HWP–93]

- *Der Synergiefaktor*

Durch die bei Einführung einer PLM-Lösung frei werdenden Synergieeffekte, wie bessere und transparentere Information, bessere Entscheidungsunterstützung, reduzierte und vor allem frühere Änderungsdurchführung, kann der Engineering Prozess entscheidend verbessert werden. Die Problematik und das Verbesserungspotenzial eines Produktanlaufs im Engineering zeigt Abb. 10–15. Die Höhe des Synergievorteils ist stark mit der Einführung der

Methode des Simultaneous Engineering und der Konstruktionsbewertung (FMEA³) verbunden.

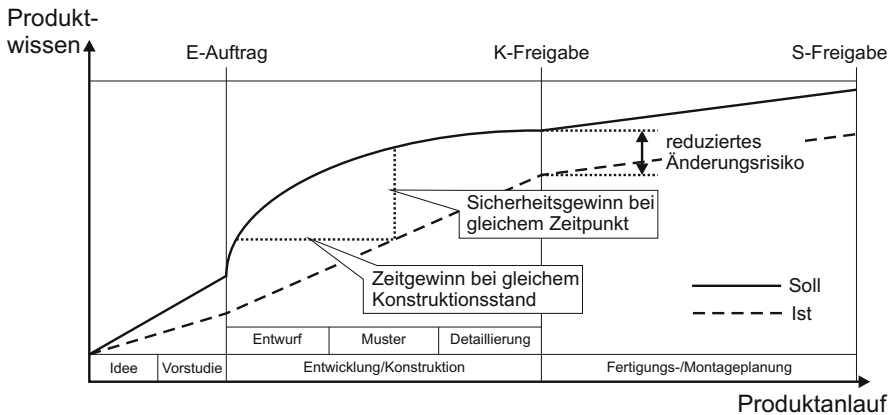


Abb. 10-15 Produktanlauf

Die erheblichen Nutzenpotenziale und ihre monetäre Bewertung sind stark von der Implementierungsstrategie – insbesondere der Breite und Tiefe der PLM-Einführung im Unternehmen – abhängig. Sie sollten deshalb nicht unqualifiziert für die eigene Implementierung übernommen werden, sondern mehr als Indikatoren gelten. Außerdem spielt die Akzeptanz der PLM-Lösung durch die Mitarbeiter eine wesentliche Rolle.

10.4 Beispiele von Nutzenkomponenten bei der Virtuellen Produktentstehung

Die Bedeutung der virtuellen Produktentstehung (VPE) zeigt sich bei Unternehmen der Automobilindustrie in besonderem Maße. Entwicklungsfunktionen wie die Erprobung, die Produktbeschreibung, -änderung und -freigabe haben sich durch VPE geändert. Prozessinnovationen ermöglichen den zunehmenden Einsatz virtueller Simulationstechniken anstelle von Hardware-Prototypen, z. B. bei Crashversuchen, Fahrwerks- und Fahrversuchen. Durch ein integriertes Product Lifecycle Management kann die Zeit für Datensammlung, -aufbereitung und -bereitstellung signifikant gesenkt werden. Gleichzeitig wird der externe Informationsaustausch zwischen den Unternehmen mit den Zulieferern deutlich vereinfacht. Die Potenziale der Virtuellen Produktentstehung sind enorm. Verschiedene Automobilhersteller haben ihre Entwicklungszeiten u. a. durch Einsatz von VPE in den vergangenen Jahren um bis zu 40% gesenkt [KRA-04].

³ FMEA = Fehler, Möglichkeiten und Einflussanalyse

Im Folgenden wird an Beispielen aus der Automobilindustrie aufgezeigt, welche quantitativen Auswirkungen der Einsatz von VPE-Technologien im Produktentstehungsprozess haben kann.

McKinsey zeigt diesen Einfluss sowohl an den Durchlaufzeiten (Abb. 10-16) als auch an den Entwicklungskosten (Abb. 10-17) für die Automobilindustrie auf [KRA-04].

in Monaten pro Iterationsschleife

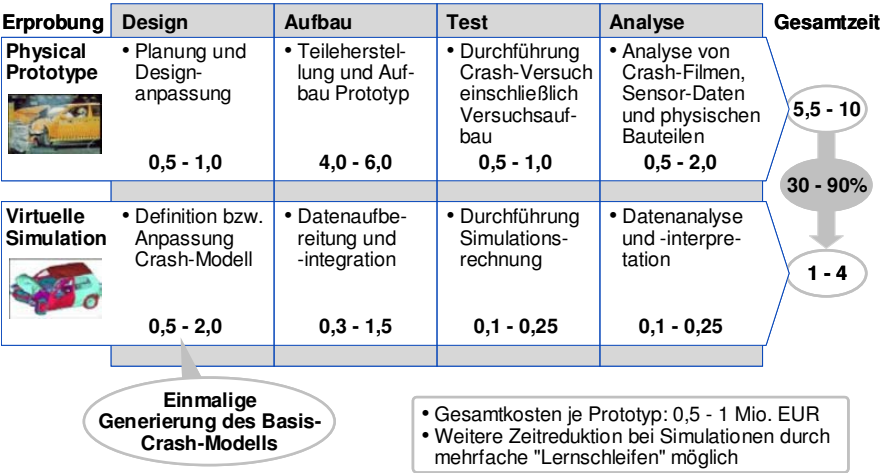


Abb. 10-16 Einsatz von VPE-Technologien senkt die Erprobungszeiten [KRA-04]

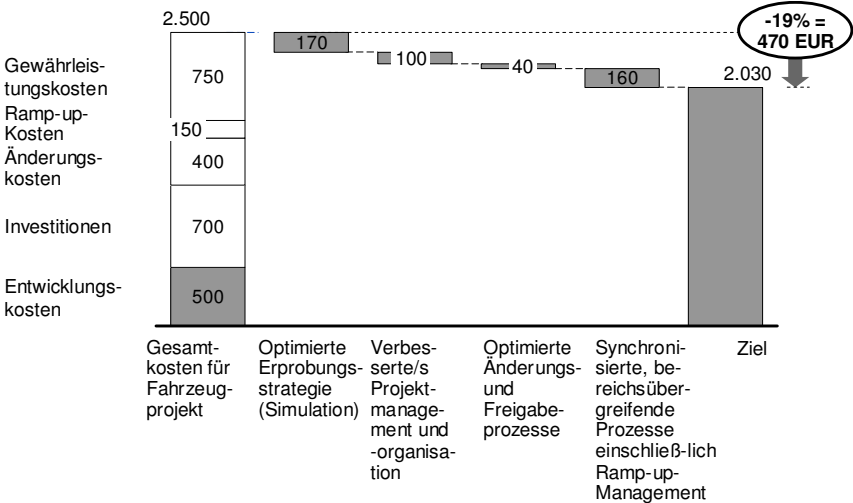


Abb. 10-17 Einsatz von VPE Technologien senkt die Entwicklungskosten (in T€) [KRA-04]

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt BMW. Ein Großteil der Zeitreduzierung in der Entwicklung des aktuellen BMW 5ers ist danach auf die Einführung von VPE zurückzuführen (Abb. 10–18).

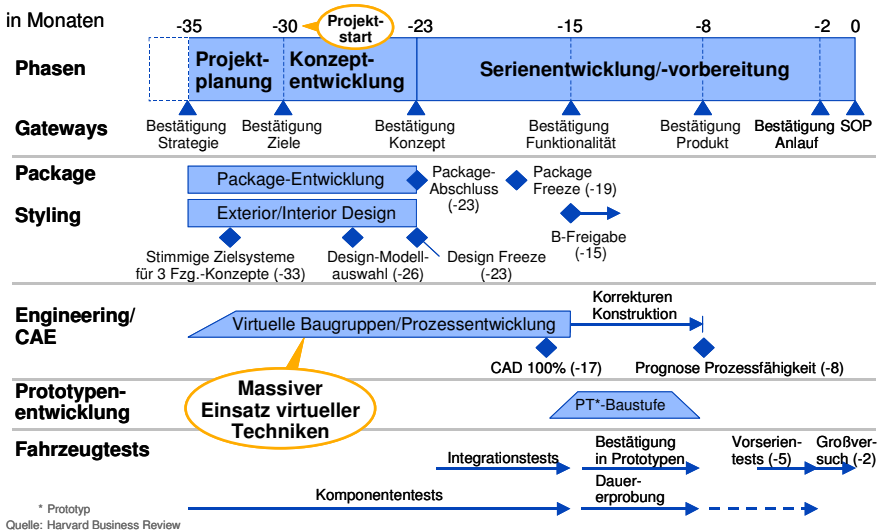


Abb. 10–18 Zeitreduzierung in der Entwicklung des aktuellen BMW 5ers (Quelle: BMW)

Insgesamt geht BMW von einer Reduzierung der Entwicklungszeiten in der Automobilindustrie innerhalb der letzten 15 Jahre von bis zu 40% aus. So hat sich bei BMW die Entwicklungszeit von 50 Monaten in den späten 80er Jahren kontinuierlich auf 30 Monate reduziert (Abb. 10–19). Auf konkrete Modelle bezogen bedeutet dies bzgl. der Entwicklungszeiten für den BMW Z3 39 Monate, für den BMW X5 35 Monate und für den BMW 5er 30 Monate.

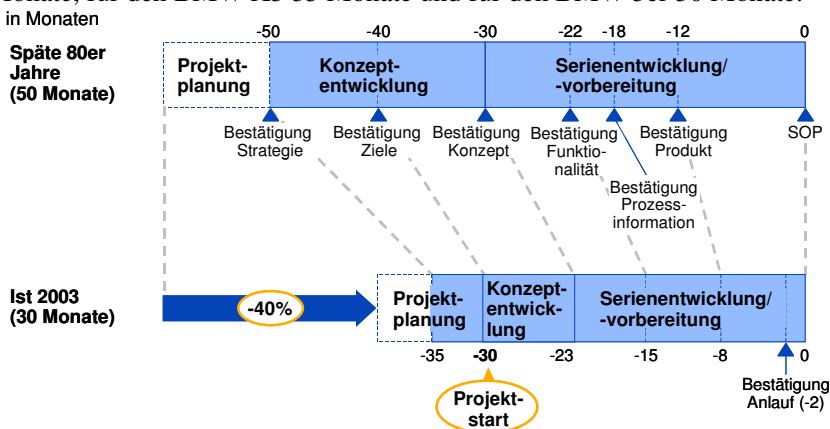


Abb. 10–19 Zeitreduzierung in der Entwicklung während der letzten 15 Jahre (Quelle: BMW)

Derartige Größenordnungen sind ohne den massiven Einsatz von IT über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg nicht denkbar [KRA-04]. Auch Beardsley et al. verweisen darauf, dass erfolgreiche Unternehmen ihre Produktivität steigern, indem sie die IT als „Enabler“ für Produkt- und Prozessinnovation nutzen [BEA-03].

Literatur

- BEA-03 Beardsley, S. et al.: The Business Dimension – ICT: A Critical Enabler of Managerial Innovation, Global Information Technology Report 2002-2003, 2003
- BUD-94 Burdick, D.: PDM II: Managing Product Development Competitiveness Across the Supply Chain. PDM Decisions '99 Management Roundtable, San Francisco 1994
- BUR-97 Burdelski, T.: Betriebswirtschaftslehre I, Skript 1997/98, Universität Karlsruhe 1997
- GAB-92 Gabler, T.: Gabler Wirtschafts-Lexikon 13. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH 1992
- GÖB-93 Götze, U.; Bloech, J.: Investitionsrechnung. Berlin/ Heidelberg/New York: Springer 1993
- HOH-94 Hohlwein, M.: Erarbeitung einer Nutzenbroschüre auf der Basis eines Nutzenprofils. Diplomarbeit, Eigner+Partner GmbH 1994
- HWP-93 Hewlett-Packard: Engineering Data Management – Das Umfeld für die fortschrittliche Produktentwicklung. Hewlett-Packard Company Eigendruck 1993
- KAH-01 Kahlert, T. et al.: Traditionelle Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von EDM/PDM-Systemen. EDM-Report 7 (2001) 2
- KRA-04 Krause, F.-L.: Strategische Bedeutung des Digital Engineering. Digital Engineering Forum MIT Bochum 2004
- KZE-99 Krzepinski, A.: Nutzungsorientierung – zentraler Erfolgsfaktor in EDM-Projekten. CADWORLD (1999) 3
- MCI-95 McIntosh, K.G.: Engineering Data Management A Guide to Successful Implementation. McGraw-Hill Book Company 1995
- REN-95 Rentz, O.: Industriebetriebswirtschaftslehre. Skript, Universität Karlsruhe 1995
- SAR-99 Sari, L.: PDM/EDM Einführungsstrategien und Nachweis des firmenspezifischen Nutzens, Diplomarbeit, Eigner+Partner AG 1999
- SCB-07 Schabacker, M.: Wirtschaftlichkeitsnachweis von PLM-Investitionen. IT production (2007) 9
- SCR-88 Schreuder, S.; Upmann, R.: CIM-Wirtschaftlichkeit. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH 1988
- TAX-99 Taxen, L.: Global WEB based PDM Support for Developing Complex Telecommunication Systems. CIMdata Europe '99, Conference Proceedings, Nizza, 1999
- VAS-97 Vajna, S.; Stark, J.: Von der analogen zur digitalen Reprografie, Buch 3: Business Process Reengineering vor der Einführung eines

- EDM-Systems, Buch 4 : Wirtschaftlichkeit von EDM-Systemen,
Océ-Deutschland GmbH 1997
- VDM-95 Produkt Daten Management Grundlagen und Entscheidungshilfe,
Schriftenreihe des Fachverbandes Informationstechnik im VDMA
und ZVEI (1995)

11 PLM-Einführungsplanung

In diesem Kapitel sollen zunächst allgemeine Methoden des Projektmanagements und der Prozessmodellierung für die Einführung einer PLM-Lösung in Unternehmen aufgezeigt werden, die eine allgemeine Grundlage für alle Arten der Projektplanung und Einführung von IT-Systemen bilden. Anschließend werden auf der Basis der VDI Richtlinie 2219 verschiedene Einführungsverfahren aus Forschung und Praxis aufgezeigt. Den Abschluss bildet die Erläuterung einer prozessorientierten Vorgehensweise, die in vielen industriellen Projekten angewendet wurde.

11.1 Begriffsdefinitionen des Projektmanagements

Die folgenden Begriffserklärungen entsprechen der allgemeinen Lehrmeinung über Projektmanagement und sind nicht nur auf PLM bezogen.

- Ein *Projekt* ist eine besondere, umfangreiche und zeitlich begrenzte Aufgabe von relativer Neuartigkeit mit hohem Schwierigkeitsgrad und Risiko, die i. d. R. eine enge fachübergreifende Zusammenarbeit aller Beteiligten fordert.
- Unter *Projektmanagement* wird eine Führungskonzeption für direkte Koordination von Planung, Entscheidung, Realisierung, Überwachung und Steuerung bei der Abwicklung interdisziplinärer Aufgabenstellungen verstanden.
- Die *Projektplanung* umfasst die vorausschauende Festlegung der Projektdurchführung.
- *Projektparameter* definieren sich aus:
 - Technischen Leistungsmerkmalen,
 - Einsatzmittel (Kapazität),
 - Kosten/Budget und
 - Terminen.

Zielsetzung eines Projektmanagements ist die Reduktion von Risiken, die häufig aufgrund von:

- Fehlbesetzungen,
- Vermeidung von falschen oder überzogenen Zielen,
- Konfliktsituationen,

- Kompetenzstreitigkeiten und Kompetenzüberschreitungen,
- Konkurrenzsituationen sowie
- mangelndem Informationsfluss

entstehen.

Darüber hinaus muss gewährleistet sein, dass professionell und teamorientiert gearbeitet wird. Durch Förderung der persönlichen und fachlichen Qualifikationen der Projektmitarbeiter wird die Kreativität und Innovationsfähigkeit des Teams permanent erhöht. Der sinnvolle Einsatz von Werkzeugen und Methoden sowie eine konsequente Ressourceneinteilung mit klaren Meilensteinen sind weitere wesentliche Bestandteile des Projektmanagements.

Das Projektmanagement unterliegt eindeutigen Regeln (Abb. 11–1) [ZIE-97].

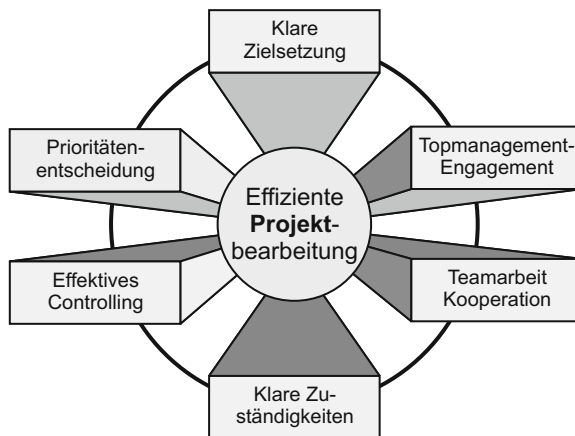


Abb. 11–1 Grundregeln guten Projektmanagements [ZIE-97]

Dazu gehören:

- *Klare Zielsetzung*
Sorgfältige Definition von klaren, eindeutigen, realistischen und von den Betroffenen akzeptierten Projektzielen und Zwischenzielen vor Projektbeginn.
- *Topmanagement-Engagement*
Projektunterstützung (einschließlich Bereitstellung der erforderlichen Mittel bzw. Kapazitäten) durch das Topmanagement (Unternehmensleitung bzw. Auftraggeber) und Führungskräfte der beteiligten Unternehmenseinheiten.
- *Teamarbeit/Kooperation*
Echte Teamarbeit (Teamgeist) innerhalb des Projektteams einschließlich enger Kooperation mit allen beteiligten Stellen.

- *Klare Zuständigkeiten*
Festlegung personifizierter Verantwortung und Kompetenz (einschließlich erforderlicher Befugnisse) mit dazugehöriger organisatorischer Regelung und Überwachung.
- *Effektives Controlling*
Laufende Planung, Überwachung und Steuerung von Leistungsumfang (Quantität und Qualität), Zeit, Kosten und Kapazitäten.
- *Prioritätenentscheidung:*
Laufende Prioritätenfestlegung aller aktuellen Projekte und Aufgaben vor allem für die Bewältigung von Kapazitätsengpässen.

11.2 Ausgewählte Prozessmodellierungsmethoden

Aufgabe der Modellierungsmethoden ist die grafische Darstellung und Dokumentation der betrachteten Prozesse. Dies erfolgt nach Aufnahme der Abläufe. Sie ermöglichen das ablaufbezogene Wissen systematisch, strukturiert und konsistent zu erfassen [DRA–08].

UML

„The Unified Modeling Language – UML – is OMG’s most-used specification, and the way the world models not only application structure, behaviour and architecture, but also business processes and data structure.”¹

UML² ist eine Möglichkeit, verschiedene Prozesstypen grafisch darzustellen. Dabei können verschiedene Diagrammtypen benutzt werden, um den unterschiedlichen Anforderungen an die jeweiligen Prozessmodellierungen gerecht zu werden (vgl. [JRH–04]). Den Autoren erscheint das Aktivitätsdiagramm als eine gute Möglichkeit zur Abbildung der Geschäftsprozesse bzw. der dazugehörigen Workflows. Wesentliche Vorteile dieser Darstellung sind der hohe Detaillierungsgrad von flussorientierten Abläufen und Prozessen, die Möglichkeit zur Darstellung von Bedingungen, Schleifen und Verzweigungen sowie die Darstellung von Datenflüssen. Abbildung 11–2 zeigt die Elemente, die zur modellhaften Beschreibung in einem UML-Aktivitätsdiagramm zur Verfügung stehen.

¹ Object Management Group Inc. (OMG) ist ein internationaler Verband zur Standardisierung von objektorientierten Anwendungen. <http://www.omg.org>

² Unified Modeling Language (UML) existiert in den Versionen UML 1 und UML 2. Eine detaillierte Beschreibung der Unterschiede zwischen den Versionsständen findet sich in [JRH–04]

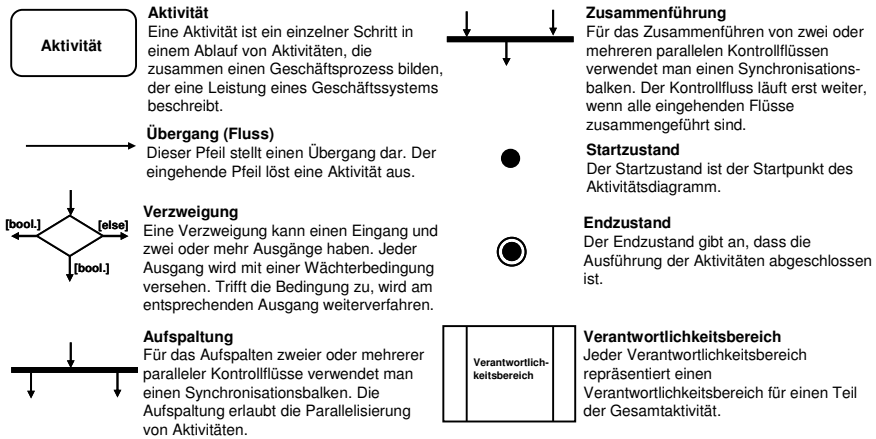


Abb. 11–2 Elemente eines UML-Aktivitätsdiagramms (in Anlehnung an [GBB-00])

ARIS

Die Prozessmodellierungsmethode Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS) basiert auf der Symbolik des Datenflussplans und wurde zunächst zur Beschreibung von Vorgangsketten entwickelt [GAD-02]. Das ARIS-Konzept unterscheidet die folgenden Modellierungssichten: Organisation, Daten, Funktion, Steuerung und Leistung.

Für eine prozessorientierte Darstellung von Abläufen stellt ARIS das Wertschöpfungskettendiagramm (WKD), die erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) und das Vorganskettendiagramm (VKD) zur Verfügung [GAD-02]. Das Vorganskettendiagramm erscheint als eine interessante Darstellungsform, da hier die Abbildung der Komplexität eines abteilungs- und fächerübergreifenden Prozesses durch die Einbeziehung der verschiedenen ARIS-Sichten ermöglicht wird. Die Notation des VKD (Abb. 11–3) ermöglicht darüber hinaus die Darstellung von Daten- und Informationsflüssen, welche in den untersuchten Prozessen eine hohe Relevanz aufweisen.

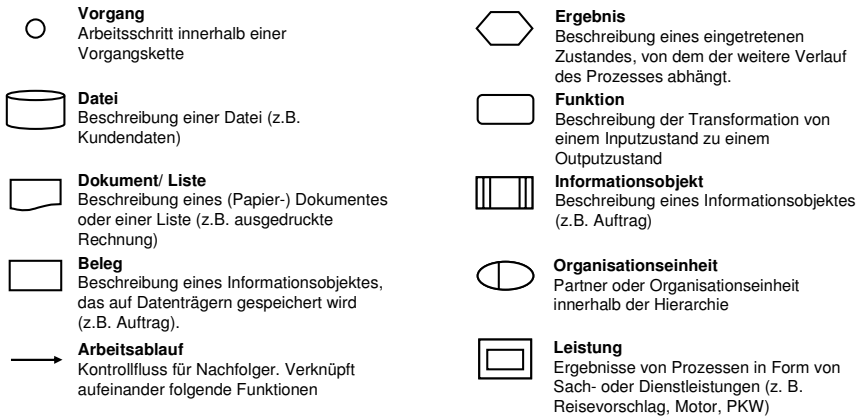


Abb. 11–3 Elemente in einem Vorgangskettendiagramm (in Anlehnung an [GAD-02])

OMEGA

Die Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA³) kann sowohl zur vollständigen Modellierung einer Ablauforganisation in einem Modell als auch zur Analyse und Planung von Leistungserstellungsprozessen eingesetzt werden [PUG–03]. Durch den hohen Grad der veranschaulichenden Visualisierung trägt OMEGA zu einem schnellen Verständnis der abgebildeten Prozesse und damit zu einem guten Akzeptanzgrad bei.

Das OMEGA-Prozessmodell setzt sich aus verschiedenen, teilweise sehr bildhaften Elementen zusammen und ermöglicht so eine schnelle Auffassung des abzubildenden Prozesses (Abb. 11–4).

Die hier vorgestellten Ansätze zur Prozessmodellierung unterstützen eine strukturierte Aufnahme und Dokumentation der zu untersuchenden Prozesse in einem Unternehmen und bilden die Ausgangsbasis für das weitere Vorgehen. Aufbauend auf den aufgenommenen und dokumentierten Ist-Prozessen erfolgt nun die eigentliche Prozessoptimierung.

³ Zu detaillierten Beschreibung der OMEGA-Methode und dem ihr zugrunde liegenden Vorgehen zur Entwicklung vgl. auch [FAH-95], [GAF-99].



Abb. 11–4 Elemente nach OMEGA (in Anlehnung an [FAH–95])

11.3 VDI Richtlinie 2219 und weitere PLM-Einführungsmethoden

Die VDI-Richtlinie 2219 behandelt das Themengebiet „Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung, Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen“ [VDI 2219] und stellt ein gutes übergeordnetes Modell für die Einführungsplanung und die Phasen des Projektmanagements dar.

Das in der Richtlinie beschriebene Vorgehensmodell zur Einführung eines PDM-Systems, das natürlich ebenso für PLM-Lösungen gilt, besteht, wie Abb. 11–5 zeigt, aus fünf Schritten.

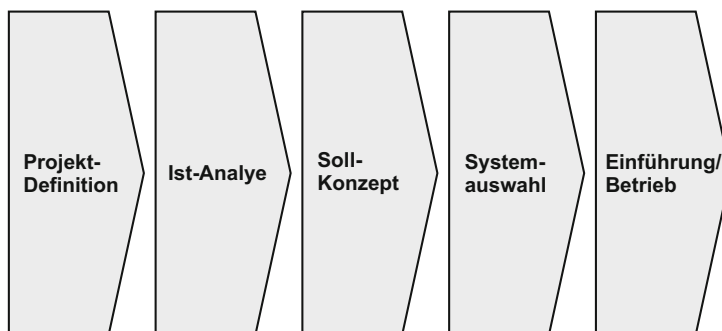


Abb. 11–5 Schritte bei der Einführung eines PDM-Systems nach VDI-Richtlinie 2219

Der erste Schritt sieht die Projektdefinition und die Zusammenstellung des verantwortlichen Projektteams vor. Dabei müssen die Ziele des Projektes und die Verantwortlichkeiten unter Berücksichtigung der Gesamtunternehmensstrategie formuliert und festgelegt werden. An dieser Stelle sollte eine Klärung erfolgen, ob externe Berater hinzugezogen werden, um eine unabhängige Sicht auf die zu bearbeitenden Themengebiete des Projektes zu gewährleisten.

Die Aufnahme und Analyse der Organisation und IT-Infrastruktur im Unternehmen erfolgen in dem Schritt der Ist-Analyse. Weitere Bestandteile dieses Arbeitsschrittes sind die Dokumentation und Optimierung relevanter Geschäftsprozesse des Produktentstehungsprozesses. Die Verbesserung der Prozesse wird als besonders wichtig hervorgehoben, um die zukünftige PLM-Lösung möglichst effektiv einsetzen zu können.

An die Ist-Analyse schließt sich der Schritt des Soll-Konzeptes an. In diesem Schritt des Modells werden die technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen festgelegt. Parallel wird eine breit angelegte Marktanalyse durchgeführt, die die Stärken und Schwächen am Markt befindlicher Lösungen aufzeigt. Aus diesen Ergebnissen erfolgt die Grobspezifikation, die im Lastenheft festgehalten wird.

Auf Grundlage des Lastenheftes erfolgt in dem Schritt der Systemauswahl eine Selektion von ca. drei relevanten Systemen. Die Anbieter dieser Systeme können sich über die Abgabe von Angeboten und Vorführungen ihrer Lösungen, detaillierter darstellen und präsentieren. Mit Hilfe der aus den Angeboten und Vorführungen gewonnenen Erkenntnisse erfolgt die Auswahl eines Systems.

Nach der Auswahl eines Systems wird dieses in den Betrieb eingeführt. Dies geschieht in dem fünften Arbeitsschritt – Einführung und Betrieb. Da in den meisten Fällen die vom Systemanbieter angebotene Lösung nicht alle unternehmensspezifischen Funktionalitäten abdeckt, ist eine Anpassung notwendig (Customizing). Die Implementierung selbst sollte in Stufen erfolgen, um u. a. die Akzeptanz im Unternehmen nicht zu gefährden. Der Ausbau der PLM-Lösung sollte in einem Erweiterungskonzept ausgearbeitet und es sollten Systemtests in abgegrenzten Testumgebungen durchgeführt werden. Sind diese Tests erfolgreich, so können diese Teilumfänge in den operativen Betrieb übergehen. Diese Vorgehensweise schafft Akzeptanz und verringert mögliche Risiken im operativen Unternehmensalltag.

Eine Vielzahl von Forschungseinrichtungen, Beratungshäusern und PLM-Anbieter arbeiten auf dem Gebiet der PLM-Einführungsplanung. Insofern lassen sich in der Fachliteratur eine Vielzahl von Methoden und Ansätzen finden. Die in [BIT-08] detailliert beschriebenen Methoden zur Einführung von PLM sind in Abbildung 11-6 als Tabelle zusammengefasst. Dazu wurde das Vorgehensmodell nach VDI als „Referenzmodell“ genutzt. Die Tabelle erlaubt einen Vergleich der einzelnen Vorgehensschritte der vorgestellten Vorgehensmodelle. Dabei wurden die Referenzschritte des VDI spaltenweise aufgetragen. Die

untersuchten Vorgehensmodelle sowohl aus Theorie und Forschung als auch aus Praxis und Beratung wurden zeilenweise eingetragen.

„Generische“ Vorgehensschritte (abgeleitet aus der VDI 2219)						
Nach VDI	Projektdefinition	Ist-Analyse	Soll-Konzept	Systemauswahl	Einführung u. Betrieb	Bemerkungen
Theorie u. Forschung	PLM Readiness	PLM Requirement-management	PLM Solution Design		PLM Implementation & Integration	
	Vorstudie			Systemauswahl	Systemeinführung	
	Vision	Orientierung	Einführungsplan	Pilotbetrieb	Anwendungs-erweiterungen/Integration	Projektmanagement/ Akzeptanz-management
	Projekteinrichtung/Orientierung	Prozessanalyse	Lastenheft	Marktrecherche/Vor-auswahl/Endauswahl	Vertragsverhandlungen/Implementierung	
	Strategieentwicklung	PLM Lösungsdefinition, -bewertung u. -auswahl			Einführung (-planung)	PLM Monitoring
	Projektdefinition	Projektplanung			Projektrealisierung	
	PLM Machbarkeitsstudie		PLM Vision/Strategie/Plan		PLM Implementierung	Projektmanagement/Organisation
	Projektabgrenzung			Systemauswahl	PDM-Einführung/Produktivbetrieb	
		Prozesstransparenz/-akzeptanz/ Organisationstransparenz/-akzeptanz		Maßgeschneiderte IT-Unterstützung		
	PLM-Strategie		PLM Prozess-Design		PLM-Prozess-Implementierung/Controlling	
Praxis u. Beratung	Projektinitialisierung/Projektplan/Projektgenehmigung	Projektrealisierung	Einführungseitraden/Datenmodell/Organisationsmodell/Qualitätssicherung		Roll-out	
	Vision und Business Goals	Operational Initiatives and Best Practice	Vision für PLM		Validierung Business Value	
	Value Opportunities	Business Initiatives	Process	Capabilities		

Abb. 11–6 Verschiedene Methoden und Ansätze zur PLM Einführungsplanung [BIT-08]

Eine detaillierte Betrachtung zeigt, dass keine der untersuchten PLM-Einführungsmethoden allen Anforderungen bezüglich

- Standardisierung,
- Flexibilität und Anpassbarkeit an die betriebliche Ausgangssituation,
- Formalität,
- Praxistauglichkeit,
- Prozessorientierung,
- Technikorientierung,
- Organisationsorientierung und
- Orientierung am Faktor „Mensch“ (Human Factor)

genügt. Auffallend ist die starke Technik- und Funktionsorientierung und die Defizite bei der Prozessorientierung und im Faktor „Mensch“. Aus diesem Grund wird im Folgenden ein erweitertes Einführungsmodell basierend auf der VDI 2219 vorgestellt, welches die Anforderungen besser abdeckt und aktuelle Entwicklungen, wie die Berücksichtigung von domänenübergreifenden Strukturen, Lifecycle und Supply Chain Integration mit einbezieht.

11.4 Kombinierte Projekt- und Prozessgesteuerte PLM-Einführung

Das Planungs- und Einführungsmodell wurde durch Überlagerung der projektorientierten Vorgehensweise aus VDI 2219 mit einer prozessorientierten und einer Faktor „Mensch“ orientierten Ebene ergänzt [SCD-08, BIT-08]. Abbildung 11–7 zeigt diese Erweiterung.

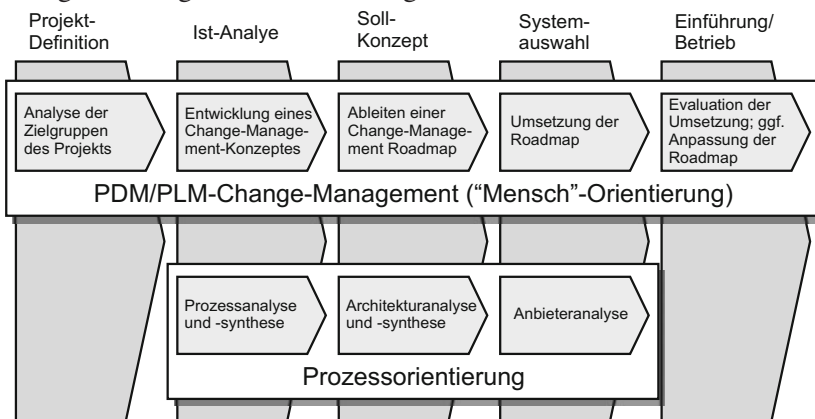


Abb. 11–7 Erweiterung der VDI 2219 um Prozessorientierung und Human Factor

11.4.1 Projektdefinition

Basis eines PLM-Projektes ist i. d. R. ein Problemkreis, der von der Geschäftsleitung oder den Mitarbeitern erkannt wurde und gelöst werden soll. Problemindikatoren in Unternehmen ergeben sich dabei einerseits aus den ansteigenden internen Verbesserungsvorschlägen und andererseits aus dem Benchmarking, d. h. dem regelmäßigen Vergleich mit Mitbewerbern und dem jeweiligen Marktführer bezüglich Durchlaufzeiten, Kosten, Grad der Funktionserfüllung und Qualität ähnlicher Produkte. Immer häufiger werden auch neue Anforderungen an die Unternehmen herangetragen, die sich auf eine Optimierung der Zusammenarbeit von Kunden und Zulieferern bereits in frühen Phasen der Entwicklung, auf der Einhaltung und Ausführung von Qualitätsmanagement und der Produkthaftung ergeben. Abbildung 11–8 stellt eine typische Ausgangssituation eines PLM-Projektes dar.

- **Heterogene und unabhängig gewachsene Systeme** mit hoher Komplexität sind im Einsatz
- **Ein durchgängiges Konzept** zur prozessorientierten IT-Unterstützung **fehlt**
- **Keine prozessorientierte Nutzung** der bestehenden IT-Systeme durch Eigenlösungen und „By-passes“
- **Lokale und dezentrale Insellösungen**
- Das **Potential der CAD-Systeme** wird nicht ausgeschöpft
- Die **Ablauforganisation** ist historisch gewachsen
- Die **Positionierung von PDM und ERP** ist ein „politisches“ Thema
- Die **Komplexität** wird unterschätzt
- **Kunden wünschen Datenaustausch**
- **Produkthaftung erfordert Konfigurationsmanagement**

Abb. 11–8 Typischer Ausgangszustand einer PLM-Einführung

Es hat sich bewährt zum Erkennen der Notwendigkeit eines Business Process Reengineering⁴ vor der Einführung einer PLM-Lösung, nicht nur Mitarbeiter des eigenen Unternehmens, sondern auch ausgewählte Kunden und Zulieferanten bezüglich ihrer Meinung zu der Effizienz in den Engineering-Bereichen zu befragen. Dies kann beispielsweise in einem gemeinsamen Workshop erfolgen. Das Ergebnis ist ein Memorandum, in dem die Notwendigkeit gegenüber dem Topmanagement dargestellt wird.

⁴ Business Process Reengineering: Im Vorfeld für den u. a. wirtschaftlichen Einsatz einer PLM-Lösung erforderlichen Optimierungs- bzw. Rationalisierungsmaßnahmen [VAS–97]

In der Praxis hat sich gezeigt, dass das Reengineering zu einem hohen Prozentsatz zum wirtschaftlichen Einsatz der PLM-Lösung beiträgt.

Ist die Frage nach der Notwendigkeit eines Projekts geklärt und ein Verantwortlicher aus dem Topmanagement (Projekt-Sponsor) gefunden, kann die Bildung eines Projektteams mit einem hauptamtlichen Projektleiter begonnen werden. Die Größe eines Reengineering-Projekts, auch wenn es „nur“ auf die Engineering-Bereiche beschränkt ist, lässt eine Projektleitung im Nebenamt nicht zu. Auch einige Mitarbeiter des Projektteams (das „Kernteam“) sollten von ihren bisherigen Arbeiten freigestellt werden. Eine in der Praxis bewährte Zusammensetzung des Projektteams zeigt Abb. 11–9.

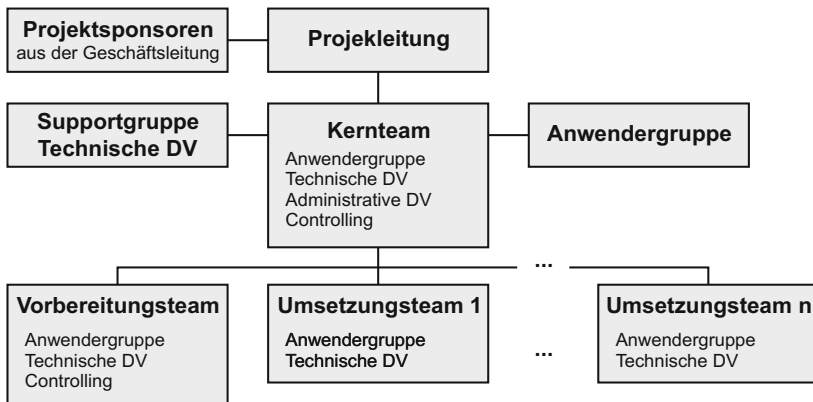


Abb. 11–9 Projektteam für die PLM-Einführung [VAS–97]

Die erste Aufgabe des Projektteams ist die Definition des zunächst noch groben Projektumfangs nach gewünschter Prozessunterstützung und daraus abgeleiteter PLM-Funktionalität, Anzahl Anwender und Zielgebiete des Einsatzes (Projekte, Produkte, Standorte). Anschließend wird ein erster noch undetaillierter Projektplan (☞ Roadmap) unter Einbeziehung aller Beteiligten, z. B. in einem Workshop, sowie eine erste Abschätzung von Kosten und Nutzen des Reengineering mit anschließender PLM-Einführung festgelegt. An dieser Stelle besteht die Chance, das Projekt abubrechen, falls das Topmanagement seine Zustimmung dazu verweigert.

11.4.2 Ist-Analyse

Danach ist die Aufgabe des „Projektkernteam“ eventuell mit Hilfe von externen Experten eine Ist-Aufnahme mit anschließender Ist- und Schwachstellen-Analyse⁵ des Unternehmens zu erstellen und zu bewerten.

Die möglichst genaue Bestimmung des Ist-Zustands eines Unternehmens ist von größter Wichtigkeit, da dieses die Basis für alle weiteren Aktivitäten bildet. Zur Aufnahme der Informationen, insbesondere zur Aufnahme der in den betrachteten Bereichen vorliegenden Abläufe und Prozesse, haben sich verschiedene Methoden in der Praxis durchgesetzt.

Im Verlauf der Prozessanalyse und -synthese werden zunächst PLM-relevante Prozesse definiert (vgl. Abb. 2–15 Operative Ebene 2), aufgenommen und analysiert (Abb. 11–10).

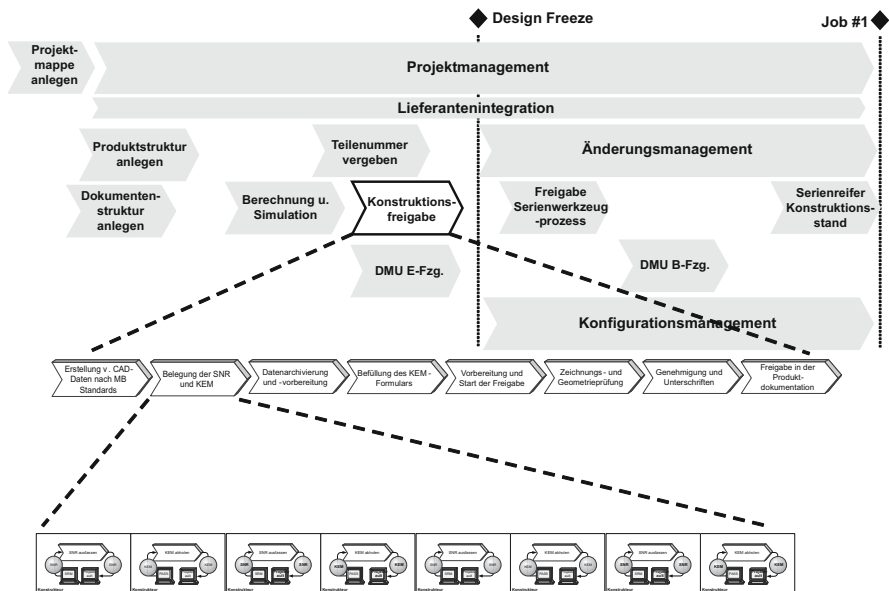


Abb. 11–10 Teilprozess Konstruktionsfreigabe nach Daimler und mit OMEGA [BIT-08]

Dabei können strategische Vorgaben den Fokus der Analyse stark beeinflussen. Beispielsweise können Gründe, die ausschließlich dem Management bekannt sind - wie z. B. strategische Zukunftsentscheidungen - gewisse Prozesse inhaltlich prägen oder als besonders relevant hervorheben. Zudem können Rahmenbedingungen aus der alltäglichen Praxis dazu führen, dass andere Prozesse wiederum als nicht besonders relevant eingestuft werden. Dies

⁵ Schwachstellen-Analyse: Bedient sich der Ergebnisse der IST-Analyse und erstellt daraus eine Rangfolge der bewerteten Prozesse.

könnte z. B. der Fall sein, wenn gewisse Tätigkeiten nur sehr selten durchgeführt werden, z. B. die Konstruktion eines Bauteils, das im Normalfall von externen Zulieferern modelliert wird.

Sind relevante Prozesse identifiziert und aufgenommen, so werden hieraus Funktionen einer zukünftigen PLM-Lösung abgeleitet, die diese Prozesse optimal unterstützen sollen. Die ermittelten Funktionen können in Umfang und Komplexität ein handhabbares Maß übersteigen. Daher ergibt sich u. U. die Notwendigkeit, die Funktionen nach Prioritäten zu ordnen. Zu diesem Zweck können mittels einer „Wirkungsanalyse“ Abhängigkeiten der Funktionen untereinander ermittelt werden, um besonders geeignete Elemente im Wirkungsnetz zu bestimmen. Auch mit Hilfe der „Wirtschaftlichkeitsanalyse“ lässt sich eine Rangfolge der Anforderungen erstellen. Dabei wird versucht, jeder Funktion einen Kostenfaktor und ein Einsparpotential zuzuweisen, um so deren Wirtschaftlichkeit grob abschätzen zu können. Am Ende entsteht ein Funktionsportfolio, das eine Aussage über die Relevanz der untersuchten Anforderungen bei einer Einführung von PLM zulässt (Abb. 11–11).

Nr.	PDM-Funktionalität	Priorität
1	Konfigurationsmanagement	1
2	Life-Cycle-Management	1
3	CAD-Daten-Management	1
4	Flexible Bauteile	2
5	Visualisierung	3
6	Stücklistenmanagement	2
7	Datenaustausch	1
8	Dokumentenmanagement	2
9	Zugriffsrechte	3
10	Änderungsmanagement	2
11	Bauteilkataloge	3
12	Versionsmanagement	1

Abb. 11–11 Beispiel einer Priorisierung von PLM Funktionalitäten

Ausgehend von den bisher ermittelten Anforderungen und ergänzt durch unternehmensspezifische strategische Vorgaben werden in dieser Phase die Optimierungspotentiale der aufgenommenen PLM-relevanten Prozesse analysiert und als Soll-Prozesse der nächsten Projektphase übergeben. Es sollte in jedem Fall darauf geachtet werden, dass bei der Prozessaufnahme und -gestaltung „Übersetzer“ das Projektteam ergänzen, die zwischen der Sprache und dem Verständnis der IT und der Fachbereiche vermitteln können [THI-07]. Ergänzt werden diese Techniken durch Abfragen und Interviews von Einzelpersonen oder in Form von Workshops. Typische Informationen, die in dieser Phase abgefragt werden, sind z. B. technische Aufbau- und Ablauforganisation, Tätigkeitsprofile, Kapazitäten, eingesetzte Systeme,

benötigte Schnittstellen, Dokumentenarten, Schwachstellen und eingesetzte Hilfsmittel und Methoden.

In Anlehnung an Abb. 10–2 (Kap. 10) lässt sich die Bestimmung des Ist-Zustands wie folgt darstellen (Abb. 11–12).

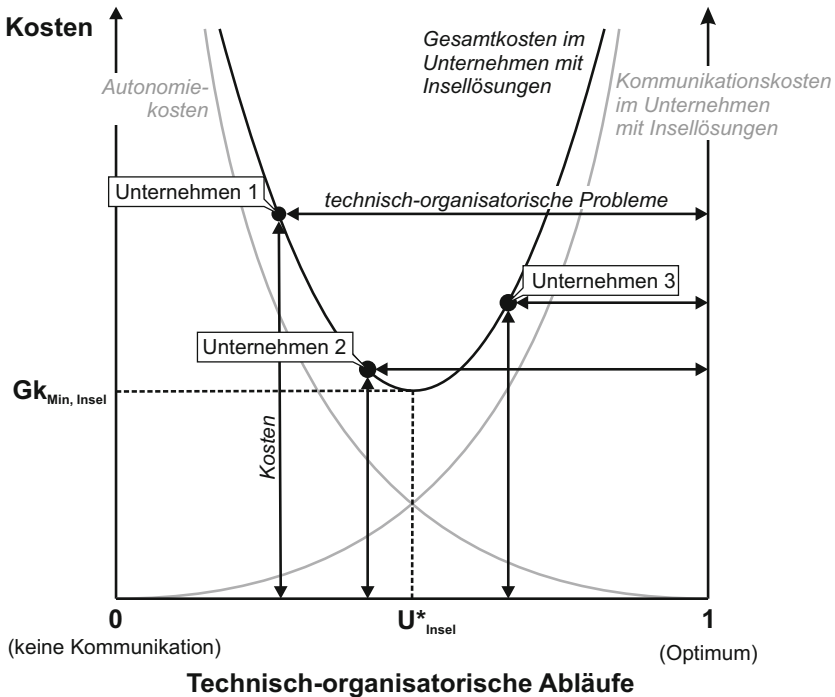


Abb. 11–12 Ist-Zustände von verschiedenen Unternehmen

Die Problematik der Darstellung des Ist-Zustands eines Unternehmens zeigt sich aus der Betrachtung der drei verschiedenen Unternehmen in der obigen Abbildung.

Das Unternehmen 1 befindet sich im Vergleich zu den beiden anderen an der ungünstigsten Stelle, da dort die anfallenden Kosten und die zu bewältigenden technisch organisatorischen Probleme im Betrieb am größten sind.

Die Position des Unternehmens 2 befindet sich nahe dem Gesamtkostenminimum und stellt somit aus der Kostenperspektive den günstigsten Ist-Zustandswert dar. Aus der technisch organisatorischen Sicht heraus ist jedoch der Bereich links von U^*_{Insel} als rückständig anzusehen.

Der Ist-Zustand des Unternehmens 3 zeigt, dass die technisch organisatorischen Abläufe zwar deutlich besser durchgeführt werden, aber die dafür aufgewandten Kosten zu hoch ausfallen.

Die Ergebnisse der Ist-Aufnahme werden dokumentiert – die Ist-Prozesse werden z. B. in einer der in Kap. 11.2 vorgestellten Methoden beschrieben - und dem Projektteam vorgestellt. In einer anschließenden Diskussion können eventuell aufgetretene Missverständnisse geklärt und die Daten der Ist-Aufnahme gegebenenfalls korrigiert werden.

11.4.3 Soll-Konzept

Ausgehend von dem bisher ermittelten Ist-Zustand und den Anforderungen sowie ergänzt um unternehmensspezifische strategische Vorgaben werden in dieser Phase die aufgenommenen PLM-relevanten Prozesse weiter optimiert und Soll-Prozesse als Ergebnis definiert, die als Ausgangspunkt für die Festlegung einer PLM Soll-Architektur gelten [VDMA-08].

In der Architekturanalyse und -synthese werden die gewonnen Informationen aus den untersuchten Prozessen in mögliche PLM Architekturen überführt und diese anschließend bewertet.

Die PLM-Matrix unterstützt die Ermittlung von PLM-Architekturen durch eine strukturierte Darstellung der bereits erarbeiteten Informationen im Umfeld von PLM [BIT-08]. Als nächster Arbeitsschritt werden nun Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Klassen – Prozessen, Rollen, Funktionalitäten und Schichten - erarbeitet. Das Ausfüllen der Matrix erfolgt zum einen basierend auf den aus den vorangegangenen Analyseschritten erarbeiteten Ergebnissen, zum anderen auf Basis der Erfahrungen der beteiligten Mitarbeiter und Berater.

Ausgehend von den untersuchten Prozessen werden zunächst Abhängigkeiten der am Prozess beteiligten Benutzerrollen (Rollen) mit einem Kreuz an der entsprechenden Stelle in der PLM Matrix eingetragen (Abb. 11–13). Es ist möglich, dass ein Prozess mehrere Rollen enthält. Genauso ist auch möglich, dass eine Rolle in mehr als einem Prozess enthalten ist.

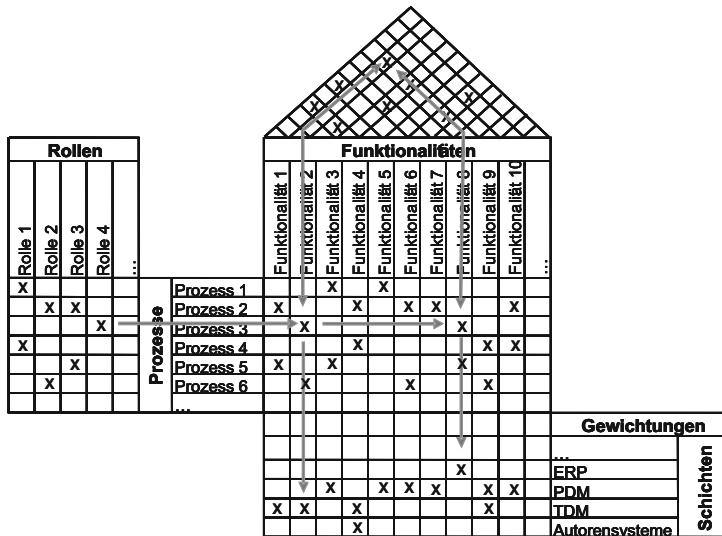


Abb. 11–13 Ausfüllen einer PLM-Matrix [BIT–08]

Anschließend wird die Teil-Matrix zwischen den Klassen Prozesse und Funktionalitäten ausgefüllt. Zunächst erfolgt eine Auslesung der in den Soll-Prozessen modellierten Informationen bzgl. der beiden Klassen. In dem Vorgehensmodell ist an dieser Stelle wieder eine mögliche Rekursion vorgesehen, da bereits beim Ausfüllen der Matrix mögliche Schwierigkeiten und Unstimmigkeiten, bezogen auf eine ganzheitliche PLM Lösung, erkennbar werden können und eine Anpassung der zukünftigen Soll-Prozesse erforderlich machen können. Die erkannten Abhängigkeiten werden wiederum mit einem Kreuz markiert.

In dem sog. Dach über den eingetragenen Funktionalitäten werden nun bestehende Einflüsse zwischen den einzelnen Funktionalitäten dokumentiert. Dies ist insbesondere für den nachfolgenden Arbeitsschritt relevant, in dem eine Zuordnung oder Verschiebung einer Funktionalität auf eine PLM Schicht zu Auswirkungen auf andere Funktionalitäten führen kann.

Abschließend erfolgt die Zuordnung der einzelnen Funktionalitäten auf die PLM Schichten. Diese Zuordnung erfolgt manuell, erfahrungsbasiert und unternehmensindividuell. Dieser Schritt erfordert ein erhebliches Maß an Erfahrung und steht in direkter Abhängigkeit zu der im Unternehmen herrschenden IT-Strategie.

Nachdem die PLM Matrix ausgefüllt wurde, erfolgt nun die Auswertung der in der Matrix gesammelten Informationen. Zur Visualisierung der in der Matrix enthaltenen Informationen lassen sich Architekturbilder manuell ableiten (Abb. 11–14).

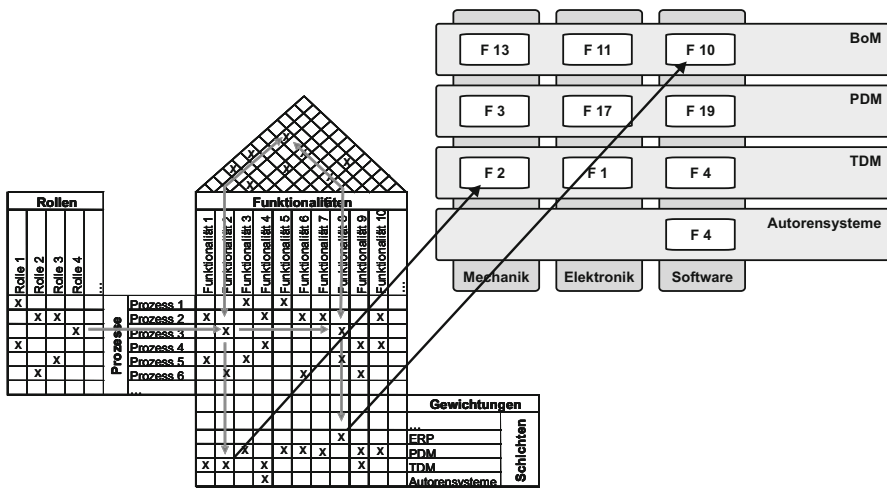


Abb. 11–14 Grafische Ausleitung von PLM-Architekturen [BIT–08]

Die „Schichten“ entsprechen dem bereits in Kap. 3 eingeführten vierstufigen Architekturkonzept (vgl. Abb. 3–11) [EIG–07].

Die hohe Komplexität eines PLM-Projektes und die auf Erfahrungen des Projektteams basierende Befüllung und Auswertung der Matrix können zu mehr als einer PLM-Lösung führen. Die ermittelten PLM-Lösungen stellen den Ausgangspunkt der folgenden Phase (Systemauswahl) dar.

In der Konzeptphase gilt es, ausgehend aus dem Ist-Zustand des Unternehmens, den Soll-Zustand des PLM-Lösungseinsatzes durch eine klare Zieldefinition zu beschreiben [MUS–93]. Die Erstellung eines Maßnahmenkatalogs und dessen Begutachtung durch eine Machbarkeitsanalyse (u. a. Kosten-, Kapazitäts- und Terminplanung) unterstützen dabei maßgeblich die Zielsetzung.

Aus den unten aufgeführten Abbildungen ist ersichtlich, welche Bedeutung der Zielsetzung zukommt:

Optimale Zielsetzung

bedeutet das Erreichen der höchstmöglichen Integration aller technischen und organisatorischen Abläufe im Unternehmen ($U^*_{\text{Integration}}$) bei dem geringstmöglichen Gesamtaufwand (Gk_{Min} , Integration) (Abb. 11–15).

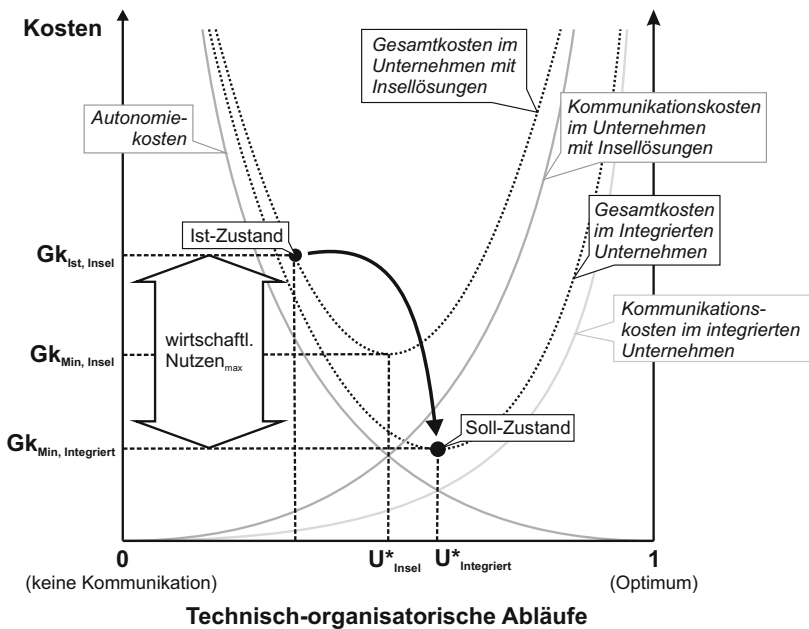


Abb. 11–15 Maximaler wirtschaftlicher Nutzen aus der Ist-Situation heraus

Um aus einem beliebigen Ist-Zustand eines Unternehmens heraus auf eine optimale Zielsetzung zu gelangen, bedarf es langjähriger Erfahrung und größter Sorgfalt, da sonst der erwartete Nutzen der PLM-Lösung zu gering oder gar als Mehraufwand anfällt.

Verlustbehaftete Zielsetzung

Aus dem Ist-Zustand eines Unternehmens heraus wird ein ungünstiger Soll-Zustand, wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, angestrebt. Diesem Vorgehen kann eine ungenügende Analyse und Ausschöpfung der möglichen Nutzen-Potenziale unterstellt werden (Abb. 11–16).

Die Abbildung zeigt, dass eine verfehlte Zielsetzung in dieser Konstellation einen Nutzenverlust verursacht, der sich aus einem Kostenreduktionsverlust⁶ $[(1^*)-(1)]$ und einem verhältnismäßig größeren Verlust an Reduktion der tech-

⁶ Kostenreduktionsverlust ist die Differenz aus der maximal möglichen Kostenreduktion und der geplanten (Soll-)Kostenreduktion

nisch organisatorischen Probleme $[(2^*)-(2)]$ zusammensetzt ($\hookrightarrow$ organisatorischer Reduktionsverlust⁷).

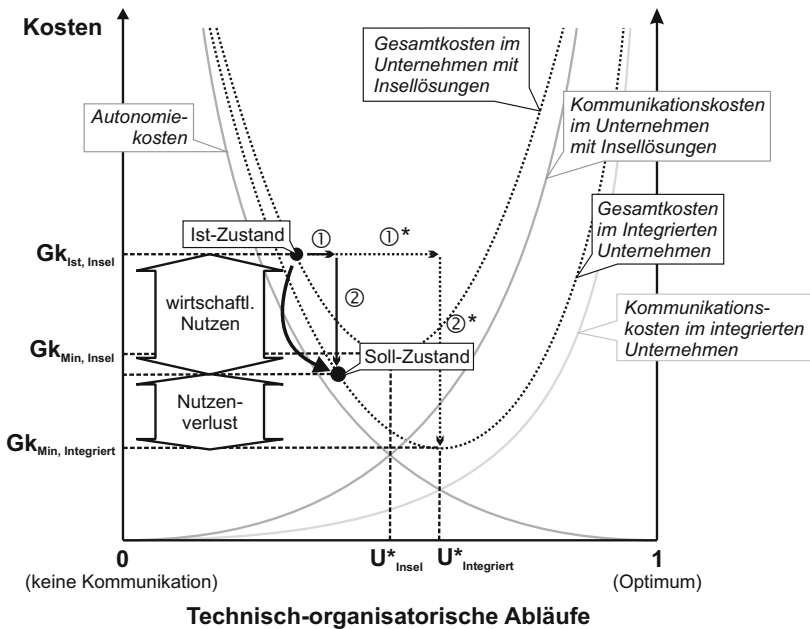


Abb. 11-16 Wirtschaftlicher Nutzen aus einer verlustbehafteten Zielsetzung heraus

Mit Mehraufwand verbundene Zielsetzung

Dass eine Zielsetzung statt des erwarteten Nutzens gar zu einem Mehraufwand führen kann, den man eventuell nur aus strategischen Gründen (auf Grund der hohen Reduktion der technisch-organisatorischen Probleme) zu vertreten vermag, zeigt Abb. 11-17.

⁷ Organisatorischer Reduktionsverlust ist die Differenz aus der maximal möglichen Reduktion der technisch-organisatorischen Probleme und der geplanten (Soll-)Reduktion

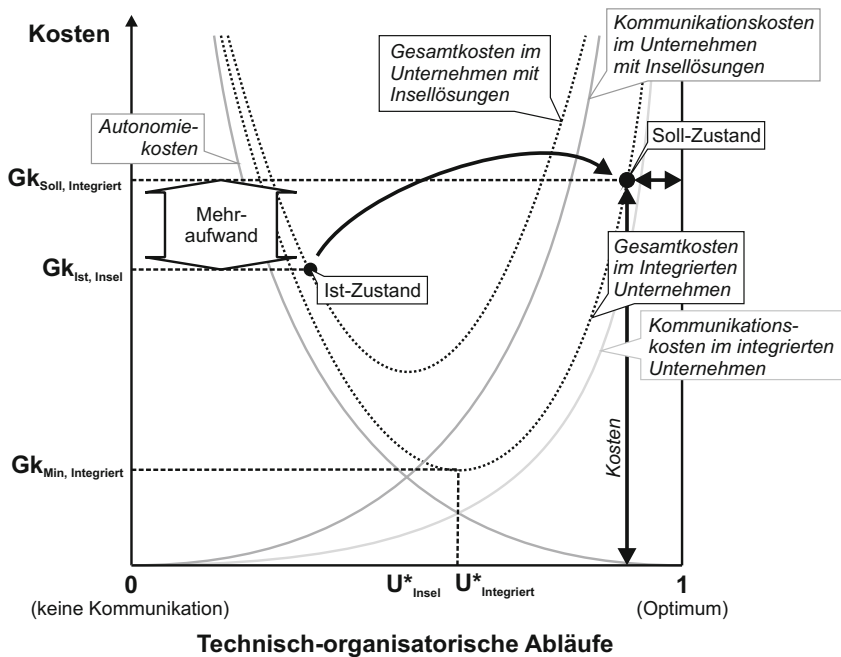


Abb. 11–17 Technisch-organisatorische Verbesserungen bei Mehraufwand

Am Ende dieser Phase liegt ein unternehmensspezifisches Gesamtkonzept, das i. d. R. folgende Schwerpunkte beinhaltet:

- Aufstellung eines Integrationskonzepts auf der Basis der firmenspezifischen Organisation, firmenspezifischen Konstruktion- und Produktionsprozessen sowie besonders der Planungs- und Konstruktionslogik des Produktangebots;
- Beurteilung der vorhandenen Komponenten (Hard- und Software) bezüglich einer Integration in das Gesamtkonzept und Aufbau einer PLM-Architektur;
- Absteckung des Investitionsrahmens und der Aufwendungen (Personalkapazitäten) zur Realisierung des Konzepts;
- Aufzeigen der notwendigen Maßnahmen (technisch, organisatorisch und personell) zur Realisierung des Konzepts;
- Aufstellung eines Anforderungskatalogs (Funktionsumfang, Schnittstellen) an die Hard- und Software zur Umsetzung des Integrationskonzepts:
 - Hardwareinfrastruktur und Softwareumgebung,
 - CAD-Software,
 - CAE / Simulation,

- Digitale Fabrik und
- ERP-Software;
- Benennung von Systemklassen (↪ TDM, PLM-Backbone,...) und Schnittstellen (↪ CAD-M, CAD-E, CASE, Office, Projektmanagement, ERP,...)

In einem zweiten Schritt wird dann ausgehend von dem Gesamtkonzept ein stufenweise realisierbarer Projektplan erarbeitet, in dem

- der detaillierte Gesamtumfang des Projekts und die Einbettung in die Gesamtstrategie erarbeitet werden,
- die einzelnen Teilschritte für die Realisierung der Gesamtlösung definiert werden,
- den sich daraus ableitbaren einzelnen Teilprojekten, nach wirtschaftlichen und strategischen Kriterien, Prioritäten zugeordnet werden,
- die Vorgehensweise bei den einzelnen Teilprojekten definiert wird,
- der Aufwand für die einzelnen Realisierungsschritte abgeschätzt wird und
- die notwendigen personellen, organisatorischen und technischen Maßnahmen für die Realisierung beschrieben werden.

Abb. 11–18 zeigt einen entsprechenden Projektplan.

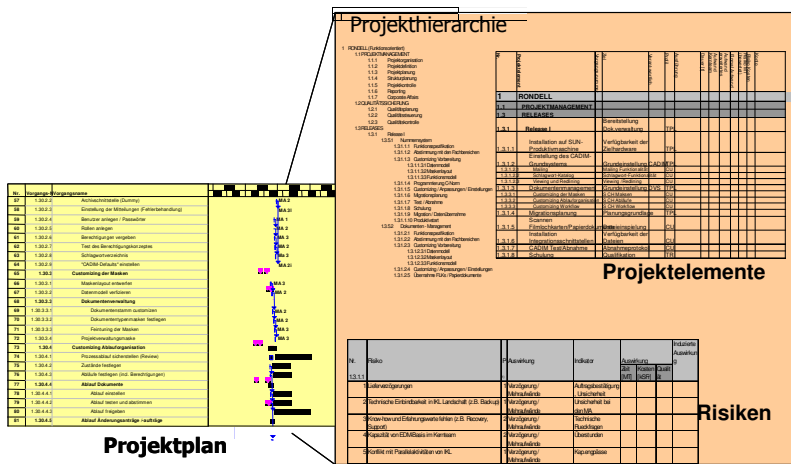


Abb. 11–18 Detaillierter Projektplan mit Projektteilschritten und Risiken
[KAI-00]

Auf der Basis eines detaillierten Projektplans wird eine genaue Planung der Meilensteine, Aktivitäten und Kapazitäten abgeleitet (Abb. 11–19). Damit ist

der detaillierte Planungsprozess, der später auch die Basis für das Projektcontrolling ist, beendet.

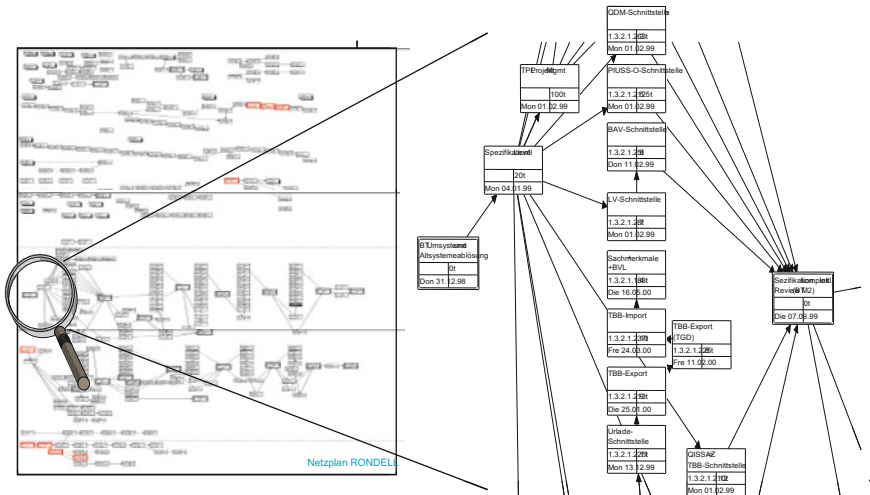


Abb. 11–19 Aus dem Projektplan abgeleitete Aktivitäten und Meilensteinplanung [KAI-00]

Zum Abschluss der Konzeptphase muss anhand der erstellten Analysen eine Entscheidung über den Bedarf des Unternehmens an einem Informationsmanagementsystem getroffen werden. Bei einer Bedarfsbestätigung beginnt die Spezifikationsphase.

11.4.4 Systemauswahl

Der Bedarfsbestätigung des Unternehmens nach einem Informationsmanagementsystem folgen in der Spezifikationsphase folgende Schritte:

1. Definieren der realisierbaren Forderungen und Wünsche des Unternehmens an eine PLM-Lösung (☞ Anforderungsprofil und Checkliste). Die Forderungen müssen gegeneinander gewichtet werden.
2. Durchführung einer Marktanalyse und Systemvorauswahl von ca. 5–10 am Markt angebotenen und grundsätzlich geeigneten Systemen.
3. Vorauswahl auf zwei bis drei Systeme, die den gestellten Anforderungen entsprechen.
4. Bewertung dieser Systeme durch die künftigen Benutzer anhand ein- bis dreitägiger Präsentationen (☞ Benchmarks) seitens der Hersteller. Alternativ können auch bei komplexeren Anforderungsprofilen hausinterne Testinstallationen durchgeführt werden.
5. Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse nach Kap. 10.

6. Auswahl des am besten geeigneten Systems aufgrund von Erfüllungsgraden der Anforderungsmatrix und aufgrund der wirtschaftlichen Bewertung.
7. Investitionsentscheidung nach Begutachtung der Bewertungsergebnisse gemäß Abb. 11–20.

Diese Entscheidung stellt den Abschluss der Spezifikationsphase dar und berücksichtigt neben den technischen und wirtschaftlichen Argumenten auch die personelle Akzeptanz. Dazu ist es erforderlich nach den Arbeitsinhalten der verschiedenen Benutzer einen firmenspezifischen Fragenkatalog zu erstellen, der den Erfüllungsgrad ihrer Forderungen und Wünsche, ausgedrückt in Wertungspunkten, wiedergibt. Die Punkteskala kann dabei beispielsweise zwischen 0 und 10 oder 0 und 100 liegen.

Die wirtschaftliche Argumentation erfolgt anhand der Kosten-Nutzen-Analysen, wie sie in Kapitel 10 beschrieben sind und wird mit der Kompetenzeinstufung der Anbieter zu einem weiteren Kriterienpunkt „Gesamteindruck unter Berücksichtigung der Kosten-Nutzen-Betrachtung und Kompetenz der Lieferanten“ zusammengefasst. Die Ergebnisse dieser Befragungen werden dann in die Tabelle aus Abb. 11–20 eingetragen und jeweils nach den firmenspezifischen Maßstäben gewichtet und aufsummiert.

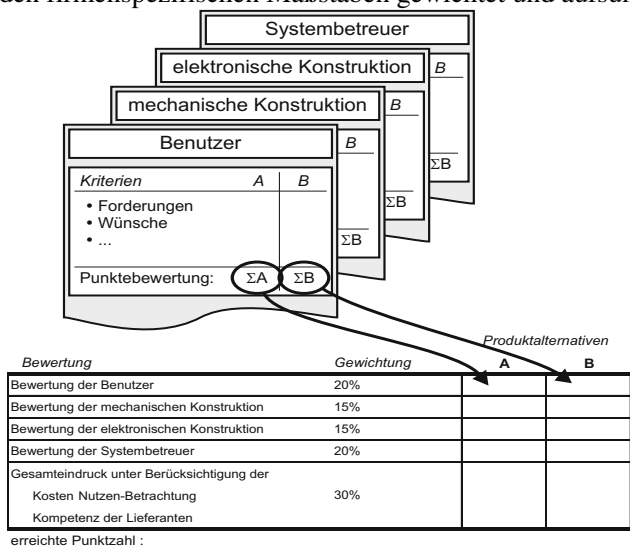


Abb. 11–20 Gewichtung⁸ und Bewertung der Erfüllungsgrade

Eine Bewertung der Systeme kann mittels der Nutzwertanalyse durchgeführt werden [ZAN–76]. Um bei der Systemauswahl den Praxisbezug

⁸ Gewichtung kann individuell festgelegt werden

sicherzustellen, ist diese auf unternehmensspezifischen Anwendungsfällen aufzubauen [KRA-99a].

11.4.5 Einführung und Betrieb

In der Einführungsphase werden das System und die Zielumgebung aufeinander zur Ankopplung bzw. Einbindung hin entwickelt. Die PLM-Lösung stellt i. d. R. ein offenes System⁹ dar, das je nach den Bedürfnissen des Unternehmens entsprechend angepasst und weiter entwickelt werden kann.

Zur Einführung und Einbindung des Systems in die CA-Umgebung¹⁰ im Unternehmen werden dabei neue Schnittstellen¹¹ zu vorhandenen Insellösungen definiert, frühere Eigenentwicklungen soweit als möglich integriert, neue ergänzende Hard- und Software installiert und unternehmensspezifische Forderungen bzw. Wünsche realisiert (Customizing¹²). Von wesentlicher Bedeutung ist hierbei die Schulung der Anwender und besonders der unternehmenseigenen Systementwickler, da diese erheblich durch bedarfsgerechte Ergänzungen bzw. Änderungen das Nutzenpotential der PLM-Lösung erhöhen können. Die Implementierung einer PLM-Lösung in die Unternehmensstruktur bedarf größter Sorgfalt, damit die in der Konzeptphase angesetzte Zielsetzung auch eintritt.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Implementierungsansätze:

- *Vertikale Implementierung*
Der vertikale Ansatz wird i. d. R. von Unternehmen gewählt, die schrittweise die PLM-Lösung einführen möchten, um somit das Risiko einer Gesamtinvestition auf Teilschritte zu verteilen und um gewonnene Erfahrungen in Folgeschritten zu verwerten. Erst wird für einen Kernbereich prototypenhaft das Reengineering mit anschließender PLM-Implementierung realisiert und dann nach erfolgreichem Einsatz auf das ganze Unternehmen ausgedehnt.
- *Horizontale Implementierung*
Bei der Einführung und Einbindung der PLM-Lösung werden alle relevanten Bereiche des Unternehmens von Anfang an mit einbezogen.

⁹ Offenes System: Die Verbindung unterschiedlicher Systeme mit der Möglichkeit, Transaktionen, Daten, Visualisierungen und Programmausführungen praktisch beliebig über den Verbund verteilen zu können, macht das Wesentliche eines offenen Systems aus [BUE-94]

¹⁰ CA-Umgebung: Computerunterstützte Systeme (Computer Aided)

¹¹ Neue Schnittstellen: I. d. R. wird dadurch die Anzahl der Schnittstellen erheblich reduziert

¹² Customizing Kundenspezifische Anpassungen aus der Sicht des PLM-Anbieters

Dieser Ansatz ist im Vergleich zu der vertikalen Implementierung gleich zu Beginn mit viel mehr Aufwand verbunden, würde jedoch nach bisherigen Erfahrungen bzw. Schätzungen die beste Grundlage für die Nutzenentfaltung eines Produktdatenmanagements bieten.

Welcher Ansatz letztendlich gewählt wird, ist abhängig von der Zielsetzung und Struktur des Unternehmens und bleibt immer eine unternehmensinterne Entscheidung, die sich jedoch auf die Ergebnisse aus den Wirtschaftlichkeitsanalysen (aufgaben- bzw. aufgabenbereichsbezogene Nutzen- und Kostenschwerpunkte, Entwicklungsprognosen,...) stützen sollte.

Diese Phase wird i. d. R. durch eine parallele Testimplementierung (↻ Spielwiese) unterstützt. Liegen die Auswertungen der Testimplementierung(en) vor, wird in dieser Phase des Projekts, je nach dem gewählten Implementierungsansatz (vertikal oder horizontal), das System in die Zielumgebung eingeführt und gegenüber dem Lieferanten abgenommen.

Dazu gehören [EIG–93]:

- die Übernahme von „Altdaten“,
- weiterführende Schulungen,
- Erweiterungen des Gesamtsystems durch weitere PLM unterstützende Systeme und
- weitere Anpassungen durch Praxisforderungen.

Die PLM-Lösung sollte in dieser Phase zumindest in einer ersten Stufe in die Unternehmensstruktur eingebunden sein und die „Serienreife“ erlangt haben.

In der Betriebsphase wird die PLM-Lösung im laufenden Betrieb den Alltagsbelastungen ausgesetzt und bei Bedarf noch nachgebessert. Parallel hierzu sollte entsprechend der Lernkurve der Anwender versucht werden, die Durchdringung und Akzeptanz bei Bedarf durch entsprechende Veranstaltungen zu steigern. Die Implementierung sollte weitgehend abgeschlossen sein, so dass spätestens jetzt externe Fachkräfte nicht mehr benötigt werden.

In [LEM–99] und [MUS–03] wird eine erfolgreiche Systemeinführung, die auf einem stufenweisen Vorgehen beruht, beschrieben.

11.4.6 Auslaufphase

Zum Projektabschluss gehört die Überprüfung des Implementierungserfolgs (Review). Der Review enthält die Überprüfung, Einhaltung der Projektplanung zugrunde liegenden Zeiten und Kapazitäten sowie der prognostizierten Ergebnisse aus der Wirtschaftlichkeitsanalyse anhand der aktuellen Werte. Gemessen wird die Effektivität des/der Projekts/Projektarbeit hinsichtlich:

- der Einhaltung aller der Projektplanung zugrunde liegenden Parameter,
- der aktuellen Kosten- und Nutzensituation,
- der Einhaltung der Termine, Veränderung der Durchlaufzeiten, Steigerung der Qualität der Produkte und ihrer Dokumentation,
- der Verringerung pauschaler Fremdvergaben bzw. Kostenentlastung durch gezieltes Outsourcing,
- der Aufwände, die bisher geleistete Unterstützung durch das Projektteam und durch Dritte sowie
- des Stands der Anwenderqualifikation und der Einsatzvorbereitung.

Sinnvoll ist bereits während der Projektdurchführung ein konsequentes Projektcontrolling aufzubauen, das die Ergebnisse nach Projektabschluss und nach bestimmten Perioden des laufenden Betriebs bewertet (Abb. 11–21).

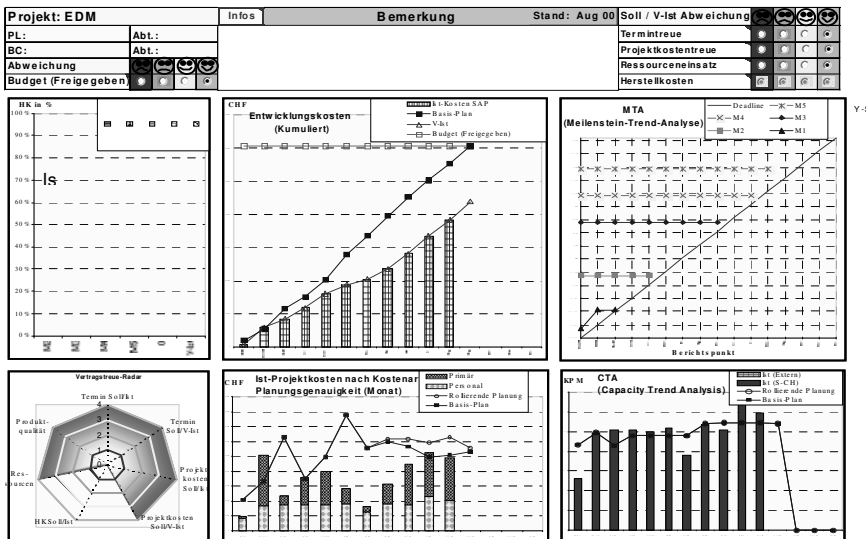


Abb. 11–21 Beispiel eines effizienten Projektcontrollings [KAI-00]

Des Weiteren kann die folgende Checkliste „Projektabschluss“ zur Hand genommen werden [ZIE-97]:

- Sind alle vereinbarten Ergebnisse erreicht worden (siehe oben)?
- Sind diese Ergebnisse dokumentiert und an der festgelegten Stelle abgelegt?
- Ist dokumentiert, welche Ergebnisse nicht erarbeitet wurden und welche Gründe es dafür gibt?
- Sind Ansprechpartner benannt, die:

- für einen vereinbarten Berichtszeitraum Auskunft über den Projektverlauf geben können?
- für Änderungs- und Wartungswünsche zuständig sind?
- dem Fachbereich zur Unterstützung in der ersten Betriebsphase zur Seite stehen können?
- Sind alle in Frage kommenden Stellen im Hause darüber informiert, dass das Projekt zu Ende geht? (Es geht um: Betroffene im Fachbereich, Rechenzentrum, Planungsgruppen, Entscheidungsgremien, Betriebsrat, die Vorgesetzten der Projektmitglieder)
- Ist festgelegt, vor allem im Falle des „Reinen Projektmanagements“¹³, was die Projektmitglieder nach Projektabschluss machen? Sind die Betroffenen darüber rechtzeitig informiert?
- Ist eine Projektabschlussbesprechung vorgenommen worden?

11.5 Der Faktor „Mensch“ bei der Einführung von PLM

Eine – neben vielen anderen – wichtige Ursache für unzureichenden Umsetzungen von PLM-Lösungen im betrieblichen Alltag liegt vermutlich darin, dass bei der Einführung von PLM in einem Unternehmen ignoriert wird, dass neben einer anspruchsvollen (IT-)technischen und (ablauf-)organisatorischen Lösung sowie einem stringenten Projektmanagement vor allem auch die an der Einführung beteiligten bzw. die von den Veränderungen betroffenen Menschen bzw. deren Verhalten ausreichend berücksichtigt werden muss. Auch wenn es schwieriger ist, menschliches Verhalten zu beeinflussen, zu messen oder überhaupt transparent zu machen und zu beschreiben, greifen Ansätze, die sich ausschließlich mit technischen und organisatorischen Kriterien auseinandersetzen, nicht weit genug [SCD–08].

Aufbauend auf der Erkenntnis dieser Zusammenhänge wurde bereits in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts der soziotechnische Ansatz entwickelt, der besagt, dass bei der Einführung einer neuen Technologie immer auch gleichzeitig die technischen und sozialen Systeme angepasst werden müssen (↪ joint optimization), um die neue Technologie zum Erfolg zu machen. Ergänzt bzw. erweitert man diese Betrachtungsweise um den Prozessaspekt, wird deutlich, dass für den nachhaltigen Erfolg eines Projektes grundsätzlich alle drei Bereiche „Technik“, „Organisation“ und „Mensch“ berücksichtigt und in Einklang miteinander gebracht werden sollten. [EIS–08]

Kohnke [KOH–05] gibt in diesem Zusammenhang einen ausführlichen Überblick darüber, welche Faktoren es zu berücksichtigen gilt, damit die Einführung neuer IT erfolgreich verläuft.

¹³ Reines Projektmanagement: Projektmitarbeiter arbeiten ausschließlich nur am Projekt

- Top-Management-Unterstützung, d. h. Top-Management-Commitment, Projekt-Champion, Vision;
- Projekt-Management, d. h. Klare Projektziele, Lenkungsausschuss, Zusammensetzung des Projektteams, ausreichend Ressourcen, Planung und Controlling;
- Organisations-Management, d. h. Geschäftsprozessoptimierung, minimale Softwareanpassung;
- Stakeholder-Management, d. h. Kommunikation, Kooperation und Einbindung, Training;
- Technologie-Management, d. h. Auswahl des Software-Paketes, Systemintegration, Datenmanagement und -migration;
- Leistungs-Management, d. h. Leistungskennzahlen, Zielvereinbarungs- und Anreizsystem.

Er bezieht seine Ausführungen auf die Erfahrungen mit der Einführung von ERP-Systemen. Diese Erfahrungen können jedoch mühelos auch auf das PLM-Umfeld übertragen werden, da die Herausforderungen grundsätzlich vergleichbar sind.

Aus den einzelnen Kategorien wird deutlich, dass ERP-Implementierungen nicht nur aufgrund technischer und/oder organisatorischer Probleme scheitern, sondern oftmals auch an Themen wie beispielsweise der mangelnden Akzeptanz bei den Anwendern des Systems oder einer unzureichenden Einbindung der betroffenen Geschäftsbereiche in die geplanten Veränderungen.



Abb. 11–22 Erfolgsfaktoren bei der Projektumsetzung [EIS–08]

In Abbildung 11–22 sind Erfolgsfaktoren für PLM-Implementierungsprojekte in Bezug auf eine adäquate Berücksichtigung des „Factors Mensch“

zusammengestellt. Das verbindende Element aller drei Kategorien ist die Orientierung auf die Menschen, die im Projekt selbst tätig sind und auf die Menschen, die mit den sich daraus ergebenden technischen und organisatorischen Veränderungen nach Projektende umgehen. Das heißt, dass der Mensch und sein Verhalten

- als Führungskraft eines Unternehmens,
- als Projektteammitglied in einem PLM-Projekt und
- als PLM nutzender Mitarbeiter bzw. User

bewusst in den Mittelpunkt der Analysen und Pläne für eine PLM-Implementierung gestellt werden.

Literatur

- ABR-99 Abramovici, M.: EDM/PDM-Einführungsstrategien – Erfahrungen und Perspektiven. Informationsverarbeitung in der Konstruktion '99 - Beschleunigung der Produktentwicklung durch EDM/PDM- und Feature-Technologie; VDI Berichte Nr. 1497 (1999)
- ADE-05 Arnold, V.; Dettmering, H.; Engel, T.; Kracher, A.: Product Lifecycle Management beherrschen – Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand. Berlin /Heidelberg/New York: Springer 2005
- BIT-08 Bitzer, M.: Entwicklung einer Methode zur prozessorientierten Planung und Optimierung von Product Lifecycle Management Lösungen - am Beispiel der Automobilindustrie. Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, 2008
- BMS-05 Boczanski, M.; Mutz, M.; Schmitz, W.-G.; Segelbacher, U.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 2005
- BUE-94 Bues, M.: Offene Systeme – Strategien, Konzepte und Techniken für das Informationsmanagement., Berlin/Heidelberg/New York: Springer 1994
- CIM-08 CIMdata PLM Consulting: Product Innovation Through PLM. http://www.cimdata.com/consulting/industrial.html#strategy_development; Zugriff: 05.Februar 2008
- DRA-08 Drawehn, J.: Businessprocessmanagement-Werkzeuge im Fokus. ZWF 103 (2008) 4
- EGH-01 Eisert, U. et al.: mySAP Product Lifecycle Management: Strategie, Technologie, Implementierung. Galileo Press. Bonn 2001
- EIG-07 Eigner, M.: Process follows IT?; Vortrag ProSTEP Symposium Berlin, 2007
- EIG-93 Eigner, M. u. a.: Betriebliche Einführung von EDM-Systemen. CIM-Management (1993) 5
- EIS-08 Eigner, M.; Schleidt, B.: Der Erfolgsfaktor „Mensch“ bei der PLM-Einführung. CAD-CAM Report 27 (2008) 3
- FAH-95 Fahrwinkel, U.: Methode zur Modellierung und Analyse von Ge-

- schäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. Dissertation, Universität Paderborn, 1995
- GAD-02 Gadatsch, A.: Management von Geschäftsprozessen – Methoden und Werkzeuge für die IT-Praxis: Eine Einführung für Studenten und Praktiker., Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg 2002
- GBB-00 Grässle, P.; Baumann, H.; Baumann, P.: UML projektorientiert - Geschäftsprozessmodellierung, IT-System-Spezifikation und Systemintegration mit der UML. Galileo Press. Bonn 2000
- JLM-06 Jania, T.; Liebstückel, K.; Meinhardt, S. (Hrsg.): Prozessorientiertes Produktdatenmanagement: Der PDM-Ansatz in der Praxis. Product Lifecycle Management (2006) 249
- JRH-04 Jeckle, M.; Rupp, C.; Hahn, J.; Zengler, B.; Queins, S.: UML 2 glasklar. München/Wien: Carl Hanser Verlag 2004
- KAH-02 Kahlert, T.: Moderne Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von EDM/PDM-Systemen. EDM-Report 8 (2002) 3
- KAI-00 Kaiser, V.: EDM Einführung, Erfahrungsbericht fokussiert auf Dokumenten Management. Vortrag auf „Unternehmen im IT Wandel“ der ETH Zürich, Zentrum für Produkte-Entwicklung 2000
- KOH-05 Kohlhoff, S.: Produktentwicklung mit SAP in der Automobilindustrie. Galileo Press. Bonn 2005
- KRA-99a Krause, F.-L. et al.: EDM/PDM - Systembenchmark auf der Basis von Anwendungsfällen. CAD/CAM-Report 18 (1999) 10
- LEM-99 Lermer, J.; Muschiol, M.: Erfolgreiche EDM/PDM-Systemeinführung durch gestufte Vorgehensweise. VDI-Bericht 1497. Düsseldorf: VDI-Verlag 1999
- MUS-03 Muschiol, M.: Rationalisierung der Produktentwicklung, Technische Rundschau 95 (2003) 20
- PTC-07 Parametric Technology Corporation;
http://www.ptc.com/WCMS/files/28837/en/2300_Final_RoadMap_T_S.pdf; Zugriff: 20.November 2007
- PUG-03 Pusch, R.; Gausmeier, J.: Personalplanung und -entwicklung in einem integrierten Vorgehensmodell zur Einführung von PDM-Systemen. Universität Paderborn, Paderborn 2003
- SCD-08 Schleidt, B.: Kompetenzen für Ingenieure in der Virtuellen Produktentwicklung. Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, 2008
- SCT-99 Schöttner, J.: Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie: Prinzipien, Konzepte. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1999
- STA-05 Stark, J.: Product Lifecycle Management – 21st Century Paradigm for Product Realization. London: Springer 2005
- THI-07 Thienen v., L.: Abschied von alten Denkmustern.
[manager-magazin.de](http://www.manager-magazin.de/); <http://www.manager-magazin.de/it/artikel/0,2828,499699,00.html>; Zugriff: 15.August 2007
- UGS-07 Unigraphics Solution GmbH;
http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/br_lifecycle_dna_tcm53-3523.pdf; Zugriff: 20.November 2007

-
- VAS-97 Vajna, S.; Stark, J.: Von der analogen zur digitalen Reprografie Buch 3: Business Process Reengineering vor der Einführung eines EDM-Systems, Buch 4 : Wirtschaftlichkeit von EDM-Systemen, Océ-Deutschland GmbH 1997
- VDI 2219 Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung, Einführung und Wirtschaftlichkeit von EDM/PDM-Systemen, VDI Richtlinie 2219, 2002
- VDMA-08 VDMA: Leitfaden zur Erstellung eines unternehmensspezifischen PLM-Konzeptes. VDMA-Verlag 2008
- WEH-00 Wehlitz, P.: Nutzenorientierte Einführung eines Produktdatenmanagement-Systems. Dissertation, Forschungszentrum Informatik TU Karlsruhe, 2000
- WZL-06 Marktspiegel Business Software - PLM/PDM 2006/2007. WZL, RWTH Aachen, Trovarit AG, 2006
- ZAN-76 Zangemeister, C.: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Zangemeister & Partner, 1976
- ZIE-97 Zielasek, G.: Projektmanagement. Vorlesungs-Skript, Universität Karlsruhe, 1997

12 Zusammenfassung

Die Grundlagen und Randbedingungen des Produktentstehungsprozesses haben sich über die letzten Jahre dramatisch verändert. Dies ist neben weiteren Faktoren vor allem begründet durch veränderte Marktbedingungen und die zunehmende internationale Verflechtung der Unternehmen auf der einen Seite sowie immer komplexere Produkte mit einem hohen Anteil an elektronischen Komponenten und eingebetteter Software auf der anderen Seite. Die traditionellen Organisationskonzepte müssen mit Sicht auf dieses Umfeld weiterentwickelt werden und bedürfen neuer Informationstechnologien in den Unternehmen. Zu den wichtigsten Unterstützungssystemen gehört seit vielen Jahren das Produktdatenmanagement (PDM). Dieses verwaltet die produktdefinierenden Daten in Verbindung mit der Abbildung und dem Management der Geschäftsprozesse. In Erweiterung dieser langjährigen Aktivitäten haben Lösungen des Product Lifecycle Management (PLM) heute eine strategische Bedeutung erlangt.

Das vorliegende Buch soll einen Überblick über den aktuellen Stand der PLM-Technologie vermitteln. Dabei wird von einer Charakterisierung des heutigen Produktentstehungsprozesses ausgegangen. In diesen Kontext werden dann zum einen die etablierten Kernkomponenten, wie PDM und Engineering Collaboration eingeordnet, zum anderen erfolgt eine systematische Erweiterung um aktuelle Konzepte, wie Material Sourcing oder Managementfunktionen.

Aus den Beschreibungen des vorliegenden Buches wird ersichtlich, dass PLM kein homogenes Softwaresystem ist. Vielmehr ist es Bestandteil einer unternehmerischen Strategie, die Organisations- und Managementansätze mit adäquaten IT-Lösungen kombiniert.

Die PLM-Lösung eines Unternehmens ist in diesem Sinne

- Dreh- und Angelpunkt der Datenverwaltung und des Datentransfers von Autorensystemen (M-CAD, E-CAD, CASE, CAE, CAM,...) zu Zielsystemen (ERP, SCM,...),
- Grundlage der internen und externen Informationsaufbereitung sowie -bereitstellung für den Produktentstehungsprozess,
- zentrale Administrationslösung für alle produkt- und prozessrelevanten Informationen über den gesamten Produktlebenszyklus,
- Grundlage für die Anbindung des Ingenieurs Customer Needs Management und Material Sourcing,

- Rahmen für Engineering Collaboration, d. h. aller die betriebsinternen und vor allem die betriebsexterne Kommunikation während des Produktentstehungsprozesses unterstützenden Funktionen sowie
- durchgängige und gesicherte Informationsbasis zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen.

Der Ingenieur steht im Mittelpunkt eines Informationssystems, dass im Gegensatz zu früher die angezeigten Informationen nicht mehr vollständig physikalisch speichern muss, sondern die Informationen aus Fremdsystemen referenziert. Damit wird er in die Lage versetzt, die benötigten Informationen aus internen Informationsquellen, zum Beispiel Vertrieb, Logistik, Einkauf, Finanzen, Produktion und Wartung sowie über das Internet aus beliebigen externen Informationsquellen, zum Beispiel Zulieferer, Normteiledatenbanken, Lizenzen, Patente und landesspezifische Rechtssituationen, zusammenzustellen.

Eine systematisch geplante, eingeführte und genutzte PLM-Lösung führt zu schnellerer und vollständiger Informationsbeschaffung, zu sicheren Entscheidungen und Abläufen und damit zu einer Senkung sowohl der verursachten als auch besonders der geplanten, in nachfolgenden Phasen des Produktionsprozesses anfallenden Kosten. Natürlich entsteht auch ein positiver Effekt bei der Reduktion der Durchlaufzeiten des Produktentstehungsprozesses.

Dies setzt einen zielgerichteten und straffen Planungs- und Implementierungsprozess sowie die richtige Auswahl der Projektmitglieder und der Lösungslieferanten voraus.

Die Autoren wollen mit diesem Buch eine Mischung aus Strategie, Technik, Organisation und Projektmanagement über das dynamische Thema Product Lifecycle Management zusammenstellen, wie es in dieser Kombination bei einer erfolgreichen PLM-Einführung notwendig ist.

Glossar

ACL	Access Control List; Zugriffskontroll-Liste; Verfahren zur benutzerabhängigen Definition von Zugriffsrechten auf Rechnerressourcen
ADO	ActiveX Data Objects ; high-level Interface zum Zugriff auf allg. Datenbestände unterschiedlicher Quellformate
AI	Änderungsindex; kennzeichnet den aktuellen Änderungsstand eines PDM-Objekts
AMP	Internet-Portal der Firma Tyco Electronics, Inc.; spezialisiert auf elektronische Verbindungselemente; Link: www.amp.com
AMR	AMR Research, Inc.; Analyst, spezialisiert auf e-Business Strategien; Sitz: Boston(USA) Link: www.amrresearch.com
ANSI	American National Standards Institute, Normierungsorganisation der USA; Link: www.ansi.org
ANX	American Network Exchange ; US-Amerikanische hochperformante Netzwerk-Plattform für eine einheitliche Kommunikation von Firmen und Zulieferern der Automobilindustrie; Link: www.anx.com
API	Application Program Interface; Schnittstelle für die Anwendungsprogrammierung
AR	Augmented Reality
ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
ASP	Applikation Service Providing; Bezeichnet das zur Verfügung stellen von Software auf Mietbasis über das INTERNET, bei dem wesentliche Dienste auf einem zentralen Server des Dienstleisters arbeiten
ASS	Artikelstammsatz
B2B	business-to-business; Bezeichnet die Kommunikation zweier Geschäftspartner über das INTERNET
BI	Business Intelligence
BLOB	Binary Large Object; große binäre Objekte; Bezeichnet ein Datenformat moderner Datenbanken, welches die Abspeicherung sehr großer, binärer Objekte zulässt
Browser	Bezeichnung für ein Programm, das die Daten einer Datei so darstellt, dass die Struktur sichtbar

	wird und man sich in dieser Struktur bewegen kann
CAD	Computer Aided Design; rechnerunterstütztes Konstruieren
CAE	Computer Aided Engineering; rechnerunterstützte Berechnung und Analyse
CAM	Computer Aided Manufacturing; rechnerunterstütztes Fertigen
CAPE	Concurrent Art of Product Environment; Kennzeichnet die Architektur der Software eines Unternehmens, bei der für jede Spezialfunktion eine Applikation eingesetzt wird, welche die bestmöglichen Leistungsmerkmale besitzt (nach Gartner Group)
CAQ	Computer Aided Quality Management; rechnerunterstützte Qualitätssicherung
CAS	Computer Aided Sales; Programmsystem zur Unterstützung der Vertriebsaktivitäten
CASE	Computer Aided Software Engineering; rechnerunterstützte Softwareentwicklung
CA-System	Computer Aided-System; rechnerunterstütztes System; kennzeichnet in allgemeiner Form ein Anwendungssoftwaresystem
CAX	ein allg. Bezeichner für rechnerunterstützte Verfahren (z. B. CAD, CAE, CAS, ...)
CCB	Configuration Control Board; Leitungsgruppe, welche für Überprüfung und Genehmigung der Änderungen einer Baseline im Configuration Management zuständig ist (Begriff im Umfeld CM)
CCI	Contractual Configuration Item; Bezeichnet vertraglich zugesicherte Eigenschaften funktioneller, technischer und logistischer Art eines zu produzierenden Produkts (Begriff im Umfeld CM)
CD	Compact Disc
CD-ROM	Compact Disc - Read Only Memory
CE	Concurrent Engineering; Methode der gleichzeitigen Entwicklung an einer Produktkomponente durch verschiedene Mitarbeiter
CE Archiv	Archivierungssystem; Produkt und geschützter Name der Firma Synergie-Consulting in der Informationstechnologie GmbH; Link: www.synitec.de
CEE	Cross Enterprise Engineering
CFD	Computational Fluid Dynamics
Client	Client bezeichnet eine Anwendung oder ein Rechnersystem, das die bereitgestellten Ressourcen eines anderen Systems benutzt. Dieses wird dann als Server bezeichnet

CM	Configuration Management; Konfigurationsmanagement
CNM	Customer Needs Management
CORBA	Common Objekt Request Broker Architektur; Bezeichnung einer Technologie zum Aufbau anwendungsübergreifender Integrationsplattformen
cPDM	Collaborative Product Data Management; auf Nutzung des Intra- bzw. Internet basierte Zusammenarbeit von Ingenieuren (nach CIMdata)
CRM	Customer Relation Management; rechnerunterstütztes Verfahren zur Verwaltung der Kundenbeziehungen
CSCW	Computer Supported Corporative Work; computerunterstützte Zusammenarbeit von Teammitgliedern
CSM	Component Supplier Management ; Verfahren zum INTERNET-basierten Management von Zukauf- und Normteilen
DB	Datenbank
DBL	Design Baseline; Produktbeschreibungszustand beim Übergang von Projektdefinition zu Entwicklung (Terminologie im Umfeld MRO)
DCOM	Distributed Compound Object Model; Verteiltes komponentenbasiertes Objektmodell; Integrationsarchitektur und -funktionen der Firma Microsoft
DDL	Data Description Language; Datendefinitionssprache; Konstrukt zur Definition eines Datenbank-schemas
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.; Link: www.din.de
DIS	Draft International Standard; Normungsentwurf
DML	Data Manipulation Language; Datenmanipulationssprache
DMU	Digital Mockup (siehe dort)
DOORS	Dynamic Object Oriented Requirements System; RTM-Softwareprodukt; geschützter Produktname; Link: http://www.qssinc.com
DTD	Dokumententyp-Definition; legt bei der Arbeit mit der Metasprache SGML alle verfügbaren Sprach-elemente für die Beschreibung von Dokumenten einer Auszeichnungssprache fest
DTP	Desktop Publishing; Software zur Gestaltung und Bearbeitung von Dokumenten
DVD	Digital Versatile Disk
DXM	Data Exchange Manager; Bezeichnung der ProS-

	TEP-Software zum automatisierten Austausch von Produktdaten
E2E	engineering-to-engineering; auf dem Intra- und Internet basierende Zusammenarbeit von Ingenieuren
EAI	Enterprise Application Integration; Methoden zur Integration von Daten und Abläufen unterschiedlicher Softwareapplikationen
E-CAD	CAD-System für die rechnerunterstützte Erstellung und Bearbeitung elektrischer Konstruktionsunterlagen, wie z. B. Stromlauf- oder Beschaltungspläne
ECN	Engineering Change Notification; Änderungsbenachrichtigung; Phase des Freigabeprozesses
ECO	Engineering Change Order; Änderungsauftrag; Phase des Freigabeprozesses
eCom	e-Commerce; auf Nutzung des Internet basierte Zusammenarbeit von Firmen mit ihren Kunden
ECR	Engineering Change Request; Änderungsantrag; Phase des Freigabeprozesses
EDA	Electronic Design Automation; rechnerunterstützte Erstellung und Bearbeitung von elektronischen Baugruppen
EDI	Electronic Data Interchange; elektronischer Datenaustausch
EDM	Engineering Data Management; Management von Ingenieurdaten
EDV	elektronische Datenverarbeitung
EG	Europäische Gemeinschaft
EIA	Electronic Industries Association
EJB	Enterprise Java Beans; JAVA-basierte Technologie zur Erstellung verteilter Anwendungen, bei der die einzelnen Dienste rechnerunabhängig entwickelt und problemlos über das Internet verteilt und genutzt werden können
EN	Europannorm
ENGDAT	Engineering Data; Ingenieurdaten; Bezeichnung einer Schnittstelle zum Austausch von Ingenieurdaten
ENX	European Network Exchange; Europäisches hochperformante Netzwerk-Plattform für eine einheitliche Kommunikation von Firmen und Zulieferern der Automobilindustrie Link: www.enx.com
e-PLM	electronic Product Lifecycle Management; nach AMR
ERN	Engineering Release Notification; Freigabebenach-

	richtung; Phase des Freigabeprozesses
ERO	Engineering Release Order; Freigabeauftrag; Phase des Freigabeprozesses
ERP	Enterprise Resource Planing; Planung von Unternehmensressourcen
ERR	Engineering Release Request; Freigabeantrag; Phase des Freigabeprozesses
EW	Engineering warehouse
EXPRESS	Bezeichnung der Spezifikationssprache zur Beschreibung von STEP-Produktdatenmodellen
FBL	Functional Baseline; Produktbeschreibungszustand beim Übergang von Machbarkeit zu Projektdefinition (Terminologie im Umfeld MRO)
FEM	Finite Element Method; Finite-Elemente-Methode
FILE	Computer-Datei
FMEA	F ehler M öglichkeiten- und E influss A nalyse; (Failure Mode and Effects Analysis)
GB	Geschäftsbereich
GIC	Group Identification Code; interner Rechnercode zur Identifizierung einer Benutzergruppe
GIF	Graphics Interchange Format; Namenserverweiterung zur Kennzeichnung eines graphischen Dateiformates
GM	General Motors; Automobilhersteller; Link: www.gm.com
GNX	Global Network Exchange; weltweites Kommunikationsnetz der Automobilindustrie
GUI	Graphical User Interface; graphische Benutzeroberfläche
GUID	Global Unique Identifier ; interner Identifikator eines Objektes, welcher weltweit eindeutig ist
HTML	Hyper text Markup Language; Bezeichnung der Beschreibungssprache zur Erstellung hypermedialer Dokumente, speziell im INTERNET
IEC	International Electrotechnical Standardization Committee; Internationales Normungskomitee für Elektrotechnik
IGES	Initial Graphics Exchange Specification; Bezeichnung der US-amerikanischen Norm ANSI Y 14.26 M für den CAD-Datenaustausch
ISO	International Organization of Standardisation; internationale Normungsorganisation
IT	Informationstechnik; Begriff, der oft im Zusammenhang benutzt wird, um die Anwendung von Verfahren und Techniken der Informationsverarbeitung bzw. Informationstechnik zu beschreiben

iVIP	Integrated Virtual Product Development (Integrierte Virtuelle Produktentstehung); Leitprojekt des BmBF („Bundesministerium für Bildung und Forschung“ / Ministry for education and research)
JAVA	von SUN Microsystems entwickelte Programmiersprache, welche sich besonders dadurch auszeichnet, für die Nutzung von Animationen und Interaktionen im World Wide Web geeignet zu sein
JAVA-Bean	Im EJB-Konzept benutzte Objekte, die in Containern verpackt arbeiten und jeweils benötigte Eigenschaften und Methoden über Schnittstellen zur Verfügung stellen
JECPO	Joint Electronic Commerce Program Office; organisiert Dienste zur Integration des electronic business in den Geschäftsablauf des US-Department of Defense ; Link: http://www.acq.osd.mil/ec/
JPEG	Joint Photographic Experts Group; Bildkompressionsverfahren
JT	jupiter tessellation; Datenformat für 3D-Daten
KPMG	Internationales Consulting Unternehmen; KPMG steht für: K ... Klynveld, Piet P ... Peat, William Barclay M ... Marwick, James G ... Goerdeler, Dr. Reinhard Link: www.kpmg.com
M-CAD	Bezeichnung für mechanische CAD-Systeme
MEMO	typische Kurzbezeichnung für ein Datenfeld zur Aufnahme von allg. Informationstexten
MIL-STD	Military Standard
MKS	Mehrkörpersimulation
MOTIF	Grafisches Toolkit, aufbauend auf den Xtoolkit-Intrinsics und X11, verteilt von der OSF, größtenteils entwickelt von HP und DEC
MPM	Manufacturing Process Planning
MRO	Maintenance, Repair and Overhaul; Wartung, Reparatur und Überholung; Umfasst alle Funktionen, die zum Management eines Produktes vom Beginn seiner Nutzung bis zur Außerbetriebnahme notwendig sind (Planung der Wartungsintervalle, der Inspektion und der Ersatzteilversorgung)
MRP	Material Ressource Planing; Materialplanung (Mengen- und Terminplanung)
MS-	allg. übliche Abkürzung für "Microsoft" im Zusammenhang mit von dieser Firma entwickelten Softwareprodukten

NC	Numerically Controlled; numerisch gesteuert
NEMI	National Electronics Manufacturing Initiative; Link: www.nemi.org
NVH	Noise Vibration Harshness
OCR	Optical Character Recognition; Verfahren zur automatischen Buchstabenerkennung in Rasterdaten
ODBC	Open Data Base Connectivity; Datenbankschnittstelle der Firma Microsoft
ODBMS	Object-Oriented Database Management System; Objektorientiertes Datenbanksystem
OEM	Original Equipment Manufacturer
OGW	owner-group-world; Zugriffsschutzverfahren, bei dem alle Rechte dem jeweiligen Nutzer (o), den Mitgliedern seiner Arbeitsgruppe (g) sowie den sonstigen Anwendern (w) zugeordnet werden
OLE	Object Linking and Embedding; objektbasiertes Datenaustauschverfahren der Firma Microsoft
OLE-DB	offener low-level Standard der Firma Microsoft zum einheitlichen Zugriff auf allg. Datenbestände
OMEGA	Objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung und -analyse
OMG	Object Management Group; Bezeichnung der Vereinigung der an einer einheitlichen Integrationsplattform interessierten unternehmen
PBL	Product Baseline; Produktbeschreibungszustand am Anfang der Produktion (Terminologie im MRO)
PC	Personal-Computer
PDC	Product Definition and Commerce; Erweiterung des Produktdatenmanagement um Engineering warehouse (EAI), Unterstützung des Supply Chain Management (SCM), des Engineering Collaboration sowie der Unterstützung des E-Commerce
PDF	Portable Document Format; Bezeichnung der Schnittstelle der Firma ADOBE zum Austausch von Dokumenten
PDM	Product Data Management; Produktdatenmanagement
PDMenabler	CORBA-basierte Online-Schnittstelle für den Zugriffes auf PDM-Daten; das Konzept geht auf eine Initiative der Object Management Group (OMG) zurück
PDML	Product Data Markup Language; XML-basierter Standard zum Austausch von Produktdaten zwischen PDM-Systemen
PDW	Project Driven Work; Projektgesteuertes Arbeiten; Verfahren der Zugriffssteuerung auf der Basis von

	bestimmten Projekten zugeordneten PDM-Objekten
PDX	Product Definition eXchange; XML-basierter Standards im Bereich der Elektronikindustrie zum Übertragen von Produktinformationen
PEP	Produktentstehungsprozess
PLM	Product Lifecycle Management; Erweiterung des Produktdatenmanagement um Lifecyclemanagement (CM) und Anforderungsmanagement (RTM)
QM	Quality Management; Qualitätsmanagement
RAW	engl. raw „roh“; Rohdatenformat; ein jeweils modellabhängiges Dateiformat
RDBMS	Relational Database Management System; relationales Datenbankbetriebssystem
RMI	Remote Method Invocation; Schnittstelle um JAVA Komponenten z. B. auch über ActiveX ansprechen zu können
ROM	Read Only Memory; Speicher, auf welchen nur lesend zugegriffen werden kann
RPT	Rapid Prototyping
RTM	Requirement Traceability Management; Anforderungs- und Rückverfolgungs-Management
SADT	Structured Analysis and Design Technique; Bezeichnung einer Modellierungsmethode zur Aktivitätenmodellierung
SCI	Serialized Configuration Items; serialisierte Konfigurationseinheit; spezielle Untermenge aller Teile und Baugruppen, die ausgewählt wurden um eine Verfolgung und Administration über den gesamten Lebenszyklus zu gewährleisten (Begriff im Umfeld CM)
SCM	Supply Chain Management; Zulieferer-Ketten-Management; Funktionen und Methoden zum Managen der Kontakte und Informationsflüsse zwischen einem Unternehmen und seinen Zulieferern
Server	Server bezeichnet eine Anwendung oder ein Rechnersystem, das die eigenen Ressourcen einem anderen Systems zur Verfügung stellt. Dieses wird dann als Client bezeichnet.
SGML	Standard Generalized Markup Language; Bezeichnung einer internationalen Norm zum Dokumentenaufbau
SIMNET	“Workflow Management for Simultaneous Engineering Networks“; Forschungsprojekt im Programm ESPRIT der Europäischen Kommission;
SOA	Serviceorientierte Architektur (SOA); engl. service-

	oriented architecture
SOAP	ursprünglich für Simple Object Access Protocol; ein Netzwerkprotokoll
SPARC	Scaleable Processor ARChitecture; RISC-Prozessor-Typ der Firma Sun Microsystems, Inc.
SQL	Structured Query Language; Bezeichnung der genormten Zugriffsschnittstelle für relationale Datenbanken
SQL-Forms	Entwicklungswerkzeug im Umfeld des relationalen Datenbankbetriebsystems ORACLE
SRM	Supplier Relationship Management (Lieferantenbeziehungsmanagement); umfasst die strategische Planung und zentrale Steuerung von Beziehungen eines Unternehmens zu seinen Lieferanten
STD	Kurzbezeichnung für "Standard"
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data; Norm zum Austausch von Produktmodelldaten; Arbeitstitel der Normenreihe ISO 10303
STL	Surface Tessellation Language oder auch Standard Triangulation Language; Herkunft unsicher
SUN	Sun Microsystems, Inc., 901 San Antonio Road, Palo Alto, CA 94303 USA; Anbieter von Hard- und Softwareprodukten; Link: www.sun.com
TCI	Technical Configuration Item; Technische Konfigurationskomponente; innerhalb des Konfigurationsmanagement alle Teile, Baugruppen und Produkte mit ihren zugeordneten Dokumenten (Begriff innerhalb des CM)
TCO	Total Cost of Ownership
TDM	Total Document Management; System zum Verwalten aller anfallenden Dokumente eines Bereiches
TIF	übliche Namenserverweiterung für TIFF-Files
TIFF	Tagged Image File Format; Bitmap-Graphik-Format
U3D	Universal 3D; Dateiformat für 3D-Daten
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
UIC	User Identification Code; Nutzer Identifizierungscode; Eindeutige Kennung eines Systemnutzers
UML	Unified Modeling Language
UNIX	Bezeichnung einer Klasse von Multiuser-, Multitasking-Betriebssystemen
URL	Uniform Resource Locator; Erweiterung des Dateinamenkonzeptes auf das ganze Netzwerk. Die Spezifizierung eines Dokuments besteht dabei nicht nur aus einem Dokumentnamen und einem

	Directory, sondern auch aus einer Maschine und einer Methode (meist Protokoll) die die Datei liefert.
VDA	Verband der Automobilindustrie e.V.; Link: www.vda.de
VDAFS	Flächenschnittstelle des VDA zum Austausch von Freiformflächen
VDI	Verein deutscher Ingenieure e.V. Link: www.vdi.de
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V.; Link: www.vdma.de
VFIIIP	Virtual Factory Information Interchange Project
VPDM	Virtual Product Development Management; Methoden für die auf dem Intra- und Internet basierende Zusammenarbeit von Ingenieuren (nach Gartner Group)
VPE	Virtuelle Produktentwicklung
VR	Virtual Reality; Virtuelle Realität; Methoden zur Visualisierung und zur Manipulation von Produktmodellen im Raum
VRML	Virtual Reality Modelling Language; Bezeichnung einer Modellierungssprache für Objekte der Virtualen Realität
W3C	World Wide Web Consortium; Link: www.w3.org
WAP	Wireless Application Protocol; Format zur drahtlose Übertragung von Informationen auf Terminal (z. B. mobile Telefone)
WEB	gebräuchliche Kurzbezeichnung für das World Wide Web
WEB-client	Client, welcher als Anwendung innerhalb eines WEB-Browsers arbeitet
WORMs	Write Once Read Many; einmalig beschreibbarer optischer Datenträger
WSDL	Web Service Description Language
WWW	World Wide Web; Weltumspannendes Rechnernetz
XML	Extended Markup Language; Bezeichnung einer Beschreibungssprache zur Erstellung hypermedialer Dokumente. XML basiert auf der SGML-Technologie
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformation ; Lösung um einen XML-Katalog in einen anderen XML-Katalog umzuwandeln

Sachverzeichnis

A

Ablaufschritte 162
Ablaufzustände 162
Access Control Listen 337
Ahierarchische Systeme 72
Amortisationsdauer, dynamische 372
Analytics und Reporting 173
Änderungen 105
Änderungsantrag 107
Änderungsauftrag 107
Änderungsindex, passiver 110
Änderungsindex 34, 96
Änderungsklassen 109
Änderungsnummer 97
Änderungswesen 166
Änderungszustand 92
Anforderungsmanagement 175
Anforderungsstruktur 79
Anwendungsstammsätzen, Struktur 317
Application Programming Interface 254
Application Service Providing 189
Applikationsschicht 313, 320
Arbeitsmanagement 32
Arbeitsstücklisten 91
Architekturkonzepte 43, 312
Archivierung 345
ARIS 389
Artikel 125
Artikel- und Dokumentenstruktur 271
Assemblystruktur 282
Auftragsabhängigkeit 92
Augmented Reality 56, 59, 242
Auslaufphase 410
Austauschbarkeit 109

Autorensysteme 43, 49
Autorensystemen 263

B

Baseline 292
Batch-Zugriff 206
Begriffsauswahllisten 156
Benennung 97
Benutzungsoberfläche 327
Berechnungsverfahren
- dynamisch 370
- statisch 366
best-of-breed 257
Bibliotheken 263
binary large objects 138
Blattnummer 96
BLOB 138
Browser 328
Business Process Reengineering 395
Business-Objects 320

C

CAD-Desktop 261
CAM 54
CAPE-Konzept 303
CASE 49, 291
CAVE 239
CFD 51
Change-Management-Ansatz 6
check-in 139
check-out 139
Clay-Modell 220
Collaboration 182
- Plattform 187
- Server 187

- asynchrone 184
- synchrone 184
- Compliance 16
- Computational Fluid Dynamics 51
- Computer Aided Engineering 51
- Computer Aided Manufacturing 54
- Computer Aided Styling 50
- Computer Supported Cooperative Work 183
- Computer-Tomographie 223
- Configuration Baseline 115
- Configuration Management 33
- crop 219
- Cross Enterprise Engineering 18, 56
- Customer Needs Management 38, 40
- Customizing 348

D

- Data Capturing 142, 215, 220
- Datenaustausch 196
- Datenbank
- objektorientierte 314
- relationale 314
- Datenhaltungsschicht 314
- Datenorganisation 264
- Datenreplikation 191
- descrew 218
- despeckle 218
- Dialog-RFC 260
- DICOM 223
- Digital Engineering Visualization 225
- Digital Mock-Up 48, 56, 225, 230
- Dirty-Flag 274
- DMU 56
- Dokumente 28
- im ERP-System 307
- konventionelle 141
- Dokumentationserzeugung 181
- Dokumentenarchiv 309
- Dokumenten-Files 133
- Dokumentenmanagement 35
- Dokumentenummer 96

- Dokumentenstrukturen, Revisionen und Kopien 282
- Dokumentenstrukturen 147
- Dokumententyp 96
- Zuordnung von 137
- Drucken 242
- Durchlaufzeitverkürzung 15

E

- E-CAD 49, 293
- ECO 168
- Effectivity 34
- Einbettung 149
- Einzelfreigabe 102
- embedded software 11
- Engineering Backbone 43
- engineering chance order 168
- engineering chance request 168
- Engineering Collaboration 38, 42, 60, 182
- Enterprise Application Integration 297
- ENX 202
- ERP-System 44

F

- Fabrik, digitale 53
- Fabriklayout 55
- Falschfarbdarstellung 241
- FEM-Simulation 52
- Fertigungsfreigabe 102
- File-Management 133, 138
- File-Namen 278
- File-Server 139
- Finite Element Methode 51
- Föderierten Ansatz 20, 257
- Formatkonvertierung 228
- Fortschrittskenner 163
- Freigabe 101
- Freigabe- und Änderungswesen 99, 162

- Funktionssimulation 51

Funktionsstruktur 79
Fused Deposition Modelling 56

G

Gegenstandsgruppen 156
Gesamthistorie 133
Geschäftsobjekte 320
Gleichteilstückliste 86
global unique identifier 316
Globalisierung 14
Governance 16
Gozinto-Graph 81
graphical user interface 35
Green Pages 325
Grunddatenverwaltung 80
Gruppentechnik 35, 153

H

Hash-Verfahren 342
Historie 131
HTML-WEB-Client 332
Hub-and-Spoke-Architektur 298
Hüllgeometrie 273

I

Identifikation 131, 136
Identifizierungsnummer 66
Immersion 58
Informations
- beschaffung 357
- menge 92
- speicherung 358
- verarbeitung 358
- weiterleitung 357
Integrationen 20, 253, 258
Integrationsplattform 255, 262, 299
Integrationsraum, virtueller 190
Integrationsumgebung 255
integrierte Lösung 257
Interdisziplinarität 21
Internet 331
Intranet 331

Investitionsanalyse 356
Ist-Analyse 396

K

Kapitalwertmethode 371
Klassifizierung, fertigungsorientierte 79
Klassifizierung 35, 71
- formorientierte 76
- funktionale 76
- geometrische 159
Klassifizierungsnummer 66
Klassifizierungssystem 71
Knowledge-Based Engineering 61
Konfiguration 272
- geschlossene 82
- identifizieren 111
- offene 84
Konfigurationsmanagement 32, 112, 113
Konfigurationsmodell 30
Konfigurationssteuerung 114
Konfigurationsstruktur 273
Konserven 133
Konstruktionsfreigabe 102
Konstruktionsobjekt 264
Konstruktionsstückliste 80
Koppelung 259
Kopplung 258
- E-CAD/M-CAD 293
- zum ERP 301
Kosten und Einsparungen 109
Kosten-Nutzen-Erfassungsmodell 364
Kostensenkungspotentiale 360

L

Laden, von Modellen 272
Laminated Object Manufacturing 56
Launching 257
Leistungsbündel, hybride 21
Listendarstellungen 127

M

Magnetresonanztomographie 223
Managementfunktionen 39
Manufacturing Process Management 38, 55
Mappingtabelle 286
Master, digitaler 10
Material 125
- Sourcing 41
Matrixstückliste 87
M-CAD 49, 265
Mechatronik 11
Mehrkörpersimulation (MKS) 51
Metadaten 133
Mikrofilm 216
MKS 52
Mock-Up 221
- physical 230
Modell, virtuelles 231
Modellelemente einer 3D-CAD-Kopplung 268
Modellschema 316
MPM 55
multi-tier-architecture 314

N

Netz, heterogenes 198
Noise Vibration Harshness 51
Normteile 280
Nummernart 66
Nummernsystem 65
Nummerungsschlüssel 65
Nutzengrößen, Bewertungsschema für 362
Nutzenkomponenten 375
Nutzerrechte 334

O

Objektrechte 334
OMEGA 390
Opitz-Schlüssel 159
Ordnungssysteme 72

P

Parallele Änderungen 167
Parallelnummernsystems 70
PDF 227
PDM 31, 34
PDMEabler 209
PLM 18, 36, 49, 66
- Backbone 43, 296
- Einführungsplanung 392
- Einführung und Betrieb 408
- Lösung 2, 37, 50, 313
- Schichtenkonzept 311
- Konzept, vierstufiges 256
Plotten 245
Plottspool-System 246
Point-to-Point-Architektur 298
Point-to-Point-Verbindung 297
Präsentationsart 126
Präsentationsschicht 314
Primärdokument 92
Prioritätsklasse 109
Privilegienverwaltung 334
Product Portfolio Management 38
Produkt, virtuelles 10
Produkt- und Dokumenten-Management 31
Produkt
- browser 128
- haftung 13
- herstellung 2
- komplexität 11
- konfiguration 94
- lebenszyklus 9
- modell 27, 33
- struktur 78, 125
Produktdatenmanagement 4
Produktdatenmodell, integriertes 4
Produktentstehung, virtuelle 47
Produktentstehungsprozess 1
Produktionsmanagement 42
Program Data Repository 299
Projekt 385
- definition 395

- management 32, 385
- parameter 385
- plan 405
- planung 172, 385
- verwaltung 170
- Projektspezifisches Arbeiten 338
- Prototyp, digitaler 48
- Prototyping 55
- Prozessabläufe 265
- Prozesse 29
- Prozessintegration 23
- Prozessmanagement 32
- Prozessmodellierungsmethoden 388
- Prüfablauf 103, 162
- Publishing 177, 180

R

- Rapid Prototyping 55, 248
- RAW 222
- Redaktionsmatrix 180
- Redlining 226, 229
- Reifegrade 103
- Rekonfiguration 31, 54
- Rentabilitätsrechnung 369
- Replikation in homogenen Umgebungen 191
- Reporting 173
- Repository 315
- Requirements Traceability Management 79
- resize 218
- Reverse Engineering 220
- Revisionierung 166
- rotate 218
- RPT 55

S

- Sachmerkmale 75
- Sachmerkmalleisten 156
- Sammelfreigabe 103
- Sammelzeichnungen 152
- Schlagwort 153
- Sekundärdokument 92

- Selective Laser Sintering 56
- Serialisierung 115
- Serialnummer 34, 115
- Serienfreigabe 102
- Service-orientierte Architekturen 323
- SGML 178
- Shell-Extension 330
- Sicherheitskonzepte 333, 339
- Signatur, digitale 340
- Signaturgesetz 342
- Simulation 51
- Simultaneous Engineering 56
- SOA 323
- Software 290
- Softwareentwicklungssysteme 289
- Soll-Konzept 400
- Speichern 272
- Stamm- und Stücklistenverwaltung 35
- Stammdaten 80, 328
- verwaltung 125
- Status 97, 103, 162
- STEP 197
- Stereolithographie 55
- STL-Format 224
- Struktur 264
- Strukturdaten 80
- Strukturen und Referenzen 276
- Struktur-Viewer 128
- Stückliste 82, 271
- Plus-Minus 86
- Supply Chain 38
- Systemauswahl 407
- Systemfunktionen 311
- Systemidentifikation 335
- Szenegraph 237

T

- Tabellenzeichnungen 151
- Tayloring 347
- TDM-Systeme 257
- Team Data Management 43, 295

Technische Zeichnung, Referenzen von 151
 Teilverwendungsnachweis 82
 Teilhierarchische Systeme 72
 Terminierung, An-/Auslauf 109
 Tertiärdokumente 92
 Tesselierung 222
 Thesaurus 154
 Thread-Struktur 323
 three-tier-Architektur 322
 Thumbnail 161
 TIFF-Format 145, 227
 Timestamp 274
 Total Cost of Ownership 15
 Total Document Management 141
 Transformationsmatrix 235

U

UDDI 325
 UML 388
 Urladen 279
 user-group-world-Konzept 334
 user-property 279

V

Varianten 84
 Variantenstückliste, regelbasiert 87
 Variantenstückliste 85
 Vault 139
 Verbundnummernsystem 69
 Verfügbarkeit 343
 Verknüpfung 149
 Viewen 226

Virtual Design Room 61
 Virtual Reality 21, 56, 236
 Virtualität 21
 Visualisierung, immersiv 22
 Vorschau, graphische 328
 VRML 234

W

Web-Service 324
 White Pages 325
 Wiedererkennung von Komponenten 278
 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 353
 Workflow 32, 167
 WSDL 324

X

XML 200

Y

Yellow Pages 325

Z

Zeichnung, Komponenten einer 285
 Zeichnungen 284
 Zeichnungsarchiv, digitales 143
 Zeichnungskopfdaten 287
 Zinsfußmethode interne 371
 Zugriffsschutz 333
 Zulieferer, veränderte Rolle 14
 Zuständen 162