

Lehrstuhl für
Betriebswissenschaften und Montagetechnik
der Technischen Universität München

Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken

Stefan Brandner

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der
Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen
Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. K. Bender

Die Dissertation wurde am 21.10.1999 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am
09.02.2000 angenommen.

Forschungsberichte

iwb

Band 136

Stefan Brandner

***Integriertes Produktdaten- und
Prozeßmanagement in
virtuellen Fabriken***

***herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart***

Herbert Utz Verlag



Forschungsberichte iw b

Berichte aus dem Institut für Werkzeugmaschinen
und Betriebswissenschaften
der Technischen Universität München

herausgegeben von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
Technische Universität München
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iw b)

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

Zugleich: Dissertation, München, Techn. Univ., 2000

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwendung, vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2000

ISBN 3-89675-715-6

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
Tel.: 089/277791-00 · Fax: 089/277791-01

Geleitwort des Herausgebers

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung. Denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren und Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozeß spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Produktentwicklung über die Planung von Produktionssystemen hin zu den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb*-Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

Gunther Reinhart

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, dem Leiter dieses Instituts, gilt mein besonderer Dank für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit sowie für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Bender, dem Leiter des Lehrstuhls für Informationstechnik im Maschinenwesen der Technischen Universität München, möchte ich mich für die Übernahme des Korreferates und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts sowie allen Studenten, die mich bei der Erstellung meiner Arbeit unterstützt haben, recht herzlich.

München, im Februar 2000

Stefan Brandner

Heike

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung und Zielsetzung	1
1.1	Projektentwicklung in virtuellen Fabriken	1
1.2	Zielsetzung der Arbeit	2
1.3	Aufbau der Arbeit	4
2	Die virtuelle Fabrik.....	7
2.1	Vision und Definition	7
2.2	Unterschiede zu bekannten Organisationsformen	8
2.3	Erfolgsfaktoren	9
2.4	Praxisbeispiele	10
2.5	Defizite in der Projektentwicklung	12
2.6	Zusammenfassung	15
3	Produktdaten- und Prozeßmanagement – Stand der Technik.....	17
3.1	Übersicht.....	17
3.2	Projektmanagement	18
3.2.1	Begriffsdefinition und Entwicklung	18
3.2.2	Methoden und Werkzeuge zum Projektmanagement	23
3.2.3	Zusammenfassende Bewertung.....	30
3.3	Geschäftsprozeßmanagement	31
3.3.1	Begriffsdefinition und Entwicklung	31
3.3.2	Methoden und Werkzeuge zum Geschäftsprozeßmanagement	35

3.3.3	Zusammenfassende Bewertung	43
3.4	Produktdatenmanagement	45
3.4.1	Begriffsdefinition und Entwicklung	45
3.4.2	Methoden und Werkzeuge zum Produktdatenmanagement	47
3.4.3	Zusammenfassende Bewertung	56
3.5	Grenzen der Ansätze und Handlungsbedarf	57
4	Anforderungen an das Produktdaten- und Prozeßmanagement	61
4.1	Definition des Einsatzbereichs für das Konzept	61
4.2	Anforderungen an das Prozeßmanagement	62
4.3	Anforderungen an das Produktdatenmanagement	63
4.4	Anforderungen an die DV-technische Umsetzung	63
5	Konzept zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement	65
5.1	Lösungsansatz	65
5.2	Informationsanalyse	69
5.2.1	Prozeßdaten	70
5.2.2	Produktdaten	71
5.2.3	Relevante Daten für das Konzept	72
5.3	Konzept für das Prozeßmanagement	73
5.3.1	Unternehmensübergreifende Phasenplanung	73
5.3.2	Phasenabhängige Zugriffsregelung	73
5.3.3	Unternehmensübergreifende Informationsflußmodellierung	75
5.4	Konzept für das Produktdatenmanagement	77

5.5	Konzept für die Integration.....	80
5.6	Vorgehen beim integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement.....	84
5.6.1	Phasenplanung	84
5.6.2	Aktivitätenplanung.....	87
5.6.3	Auftragsabwicklung	90
5.7	Zusammenfassung	92
6	Softwaretechnische Umsetzung.....	95
6.1	Spezifikation des Datenmodells	95
6.1.1	Produktdatennorm STEP.....	96
6.1.2	Übersicht über das Gesamtmodell	98
6.1.3	Partialmodell "Prozeß"	100
6.1.4	Partialmodell "Produkt"	103
6.1.5	Partialmodell "Organisation"	106
6.2	Architektur von UDP.....	108
6.3	Grundlagen der Implementierung.....	109
6.3.1	Datenbanksystem und Programmiersprache.....	109
6.3.2	Vorteile durch die eingesetzten Technologien.....	111
6.4	Funktionsmodell und graphische Benutzeroberfläche	112
6.5	Zusammenfassung	116
7	Anwendungsszenario am Beispiel des RP-Net.de.....	119
7.1	Einführung Rapid Prototyping / Rapid Tooling	119
7.2	Unternehmensnetzwerk RP-Net.de	120

7.3	Exemplarische Projektabwicklung	121
7.3.1	Projektbeschreibung und Aufbau einer virtuellen Fabrik.....	121
7.3.2	Phasenplanung	122
7.3.3	Aktivitätenplanung.....	126
7.3.4	Auftragsabwicklung.....	129
8	Bewertung und Diskussion des Konzepts	133
8.1	Aufwand/Nutzen-Abschätzung	133
8.1.1	Aufwand.....	133
8.1.2	Nutzen	134
8.1.3	Zusammenfassende Bewertung	136
8.2	Auswirkungen auf Mensch, Organisation und Technik	137
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	141
	Literaturverzeichnis	145

Verwendete Abkürzungen

AP	Application Protocol
CAD	Computer Aided Design
CNC	Computerized Numerical Control
CPM	Critical Path Method
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMU	Digital Mock-Up
DV	Datenverarbeitung
DXF	Drawing Exchange Format
E-Mail	Electronic Mail
EDI	Electronic Data Interchange
EDIFACT	Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport
EDM	Engineering Data Management
HSC	High Speed Cutting
HTML	Hypertext Markup Language
IDEF	ICAM Definition Language
IEM	Integrated Enterprise Modelling
IGES	Initial Graphics Standard
ISO	International Standardisation Organisation
IUM	Integrierte Unternehmensmodellierung
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen

MPM	Metra-Potential-Methode
N. N.	unbekannter Autor (lateinisch: nomen nescio)
PDM	Produktdatenmanagement (englisch: Product Data Management)
PERT	Programm Evaluation and Review Technique
PL/SQL	Procedural Language SQL
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PSP	Projektstrukturplan
RP	Rapid Prototyping
RT	Rapid Tooling
SADT	Structured Analysis and Design Technique
SQL	Structured Query Language
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
UDP	Unternehmensübergreifendes Daten- und Prozeßmanagement
URL	Uniform Resource Locator
VANS	Value Added Network Services
VDA-FS	Verband der Automobilindustrie – Flächenschnittstelle
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WFM	Workflowmanagement
WWW	World Wide Web

1 Einführung und Zielsetzung

1.1 Projektabwicklung in virtuellen Fabriken

Der Wettbewerb erfordert in vielen Branchen die schnelle Entwicklung und Herstellung von kundenindividuellen Produkten in oft nur kleinen Stückzahlen. Langfristigen Erfolg werden dann nur die Unternehmen haben, die neue Technologien rechtzeitig beherrschen und effizient einsetzen können (MILBERG 1998). Dieser Anforderung können kleine und mittlere Unternehmen gerecht werden, wenn sie *intelligent kooperieren*, also die Vorteile innovativer Technologien nutzen ohne die Vorteile des Mittelstandes zu verlieren (MAYER 1998). Intelligente Kooperationen schaffen den Zugang zu einer breiten und tiefen Know-how-Basis, ohne daß Reaktionsfähigkeit und Flexibilität aufgegeben werden (REINHART & BRANDNER 1998).

Unternehmen, die bereit sind zu kooperieren, können sich auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren und sind dadurch konkurrenzfähiger (REINHART & GRUNWALD 1999). Sie müssen aber auch in der Lage sein, projektbezogen geeignete Partner auswählen zu können, deren Kompetenzen sich mit den eigenen zu dem Leistungsprofil ergänzen, das der Kunde benötigt (GOLDMAN U. A. 1994). Als Basis hierfür kann ein Kooperationsnetzwerk dienen, das zwischen selbständigen Unternehmen aufgebaut wird. Aus diesem Netzwerk wird für jedes Projekt eine geeignete Wertschöpfungskette in Form einer *virtuellen Fabrik*, also einem produzierenden *virtuellen Unternehmen* gebildet (REINHART U. A. 1996).

Die Bedeutung von virtuellen Fabriken nimmt stetig zu, allerdings ist die Effizienz dieser Organisationsform noch nicht ausreichend. Dadurch, daß die Wertschöpfungskette auf mehrere Unternehmen verteilt wird, kommt es zwangsläufig zu Reibungsverlusten in der Projektabwicklung (MALONE & LAUBACHER 1999). Gründe hierfür sind neben der geographischen Verteilung der Projektpartner vor allem organisatorische, informations- und kommunikationstechnische sowie unternehmenskulturelle Unterschiede, die ein effizientes Informationsmanagement verhindern (PICOT U. A. 1996).

Effizientes Informationsmanagement bedeutet, daß Informationen strukturiert verwaltet und allen Projektbeteiligten rechtzeitig und in geeigneter Qualität zur Verfügung gestellt werden (EVERSHEIM 1996). Wesentlich sind hierbei Informationen über das Projekt und über während des Projektverlaufs entstehende und auszutauschende Produktdaten, die nicht nur das Produkt, sondern auch die Produktionsmittel und den Produktionsprozeß beschreiben.

Viele der in den letzten Jahren entwickelten Methoden und Werkzeuge unterstützen langfristige unternehmensübergreifende Auftragsabwicklungen. Den besonderen Anforderungen von kurzfristigen Kooperationen in sich regelmäßig ändernden Unternehmenskonstellationen, wie sie virtuelle Fabriken darstellen, genügen diese Ansätze allerdings nicht (MALONE & LAUBACHER 1999).

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Diese Arbeit soll einen Beitrag für eine effiziente Projektplanung und -abwicklung in virtuellen Fabriken liefern. Hierbei sollen unternehmensübergreifende Prozesse sowie die Verwaltung von Produktdaten innerhalb von Kooperationen in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt werden. Konkret werden folgende Ziele angestrebt:

1. Es soll ein Konzept für das integrierte Produktdaten- und Prozeßmanagement entwickelt werden. Das Konzept soll vor allem für die Dynamik und Heterogenität von virtuellen Fabriken ausgelegt werden.
2. Das Konzept soll prototypisch in ein DV-System umgesetzt werden, das unternehmensübergreifend ein effizientes Produktdaten- und Prozeßmanagement ermöglicht. Hierbei soll weitestgehend auf verfügbare Standards zurückgegriffen werden.

In herkömmlichen unternehmensübergreifenden Projekten werden Produkt- und Prozeßdaten dezentral und eigenständig bei den beteiligten Unternehmen verwaltet. Der Austausch von Produktdaten und Projektinformationen erfordert Absprachen zwischen den Unternehmen und Mitarbeitern und findet deshalb selten statt (PICOT U. A. 1996). Dieses Vorgehen ermöglicht zwar eine strukturierte und redundanzfreie Verwaltung von Produkt- und Prozeßdaten innerhalb jedes einzelnen Unternehmens, betrachtet man allerdings das komplette Projekt

über die Unternehmensgrenzen hinweg, gehen sowohl die Prozeßtransparenz als auch die strukturierte Produktdatenverwaltung verloren.

In dem hier verfolgten Ansatz werden Kooperationen nicht aus der Sicht eines Unternehmens, sondern aus der Sicht des Gesamtprojekts betrachtet. Da in virtuellen Fabriken regelmäßig andere Projektmitarbeiter mit jeweils individuellen Methoden und Werkzeugen beteiligt sind, darf der zu entwickelnde Ansatz nicht an den Anforderungen eines einzelnen Unternehmens ausgerichtet werden, sondern muß den Anforderungen von Unternehmensnetzwerken genügen. Hierfür ist zu erarbeiten, wie und bis zu welchem Umfang Produkt- und Prozeßdaten mit gemeinsamen Methoden und Werkzeugen verarbeitet werden müssen, um eine integrierte Modellverwaltung zu ermöglichen. Bild 1-1 zeigt schematisch das Ziel einer unternehmensübergreifend integrierten Verwaltung von Produkt- und Prozeßdaten.

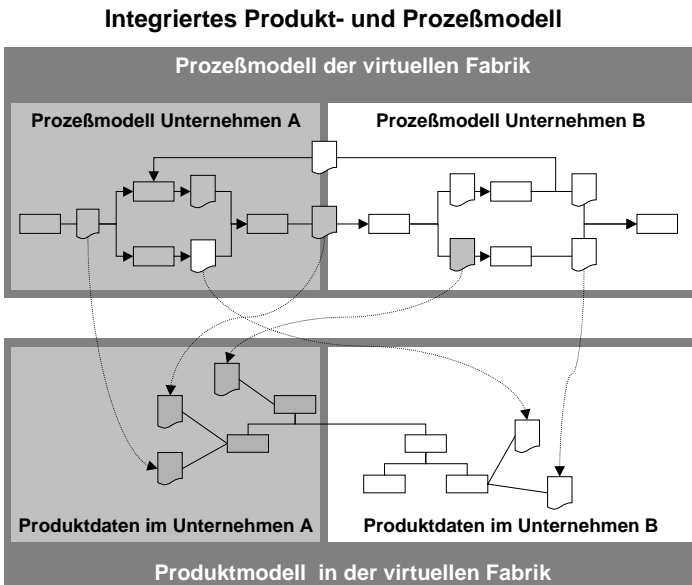


Bild 1-1: Integriertes Produkt- und Prozeßmodell in virtuellen Fabriken

1.3 Aufbau der Arbeit

Zur systematischen Durchdringung dieser Thematik wird folgender Aufbau der Arbeit gewählt (vgl. Bild 1-2).

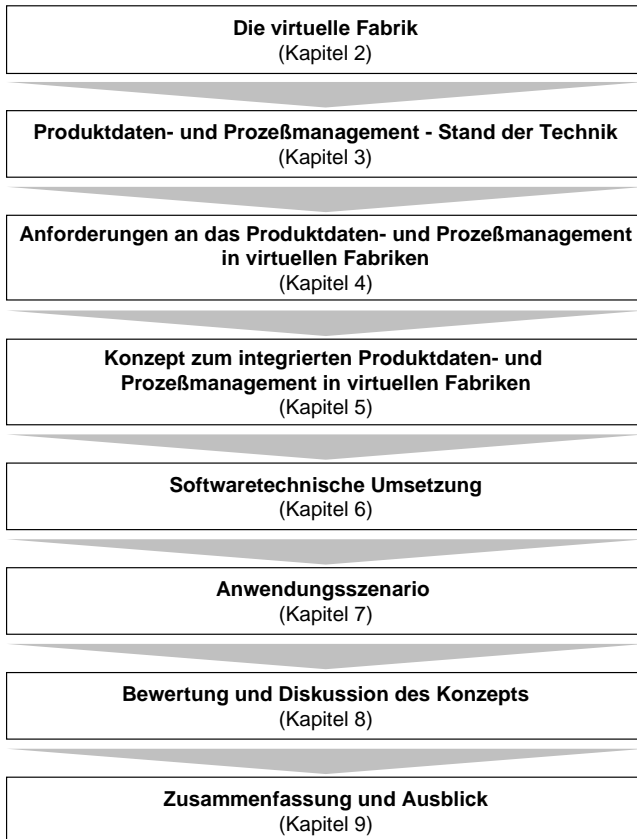


Bild 1-2: Aufbau der Arbeit

Die Organisationsform der virtuellen Fabrik wird in Kapitel 2 vorgestellt. Es werden Praxisbeispiele beschrieben und Erfolgsfaktoren aufgeführt. Weiterhin werden Defizite bei der Projektabwicklung identifiziert.

Kapitel 3 stellt den Stand der Technik des Produktdaten- und des Prozeßmanagements vor. Es werden die grundlegenden Konzepte aufgezeigt und aktuelle Entwicklungen diskutiert. Die vorgestellten Lösungsansätze werden bezüglich ihrer Eignung für den Einsatz in virtuellen Fabriken bewertet.

In Kapitel 4 werden Anforderungen an eine effiziente Projektplanung und -abwicklung in dynamischen Unternehmenskooperationen aufgestellt. Darauf aufbauend wird in Kapitel 5 das Konzept für das integrierte Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken entwickelt. Die Teilbereiche zur Beschreibung von Produkt- und Prozeßdaten werden auf Basis einer Informationsanalyse erarbeitet. Weiterhin wird eine Vorgehensweise beim integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement aufgezeigt.

Kapitel 6 stellt das auf Internet-Technologien und Standards basierende Softwaresystem UDP (Unternehmensübergreifendes Daten- und Prozeßmanagement) vor. In diesem Prototyp wird das entwickelte Konzept umgesetzt und der Nutzen diskutiert. Weiterhin wird das Datenmodell vorgestellt, und Grundlagen der Implementierung werden erläutert.

Die Evaluierung des Konzepts folgt in Kapitel 7 anhand eines Anwendungsszenarios in dem Unternehmensnetzwerk *RP-Net.de*. Kapitel 8 bewertet den Einsatz des Konzepts und diskutiert den Einfluß auf Mensch, Organisation und Technik. Kapitel 9 bietet eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf weitere Forschungsarbeiten.

2 Die virtuelle Fabrik

In diesem Kapitel wird die Organisationsform der *virtuellen Fabrik* vorgestellt. Hierzu werden neben der Vision der virtuellen Fabrik mögliche Einsatzbereiche anhand von Praxisbeispielen diskutiert. Unterschiede zu bekannten Organisationsformen sowie die Erfolgsfaktoren werden aufgezeigt. Schließlich folgt die Betrachtung der Projektplanung und -abwicklung sowie die Identifikation von Defiziten.

2.1 Vision und Definition

"Wäre es nicht wunderbar, wenn Sie ein wirklich gewinnträchtiges Unternehmen betreiben könnten, ohne die Arbeit zu tun? Sie würden sich damit begnügen, sich ein großartiges Produkt auszudenken oder eine Idee zu kaufen, und dann nur noch den ganzen Prozeß orchestrieren."

So formuliert SEMICH (1994) die Vision der virtuellen Fabrik. Was sich hinter dieser Vision verbirgt, beschreiben ARNOLD & HÄRTLING (1995) wie folgt:

"Eine virtuelle Fabrik ist eine Kooperationsform rechtlich unabhängiger Unternehmen, Institutionen und/oder Einzelpersonen, die eine Leistung auf der Basis eines gemeinsamen Geschäftsverständnisses erbringen. Die kooperierenden Einheiten beteiligen sich an der horizontalen und/oder vertikalen Zusammenarbeit vorrangig mit ihren Kernkompetenzen und wirken bei der Leistungserstellung gegenüber Dritten wie ein einheitliches Unternehmen. Dabei wird auf die Institutionalisierung zentraler Managementfunktionen zur Gestaltung, Lenkung und Entwicklung der virtuellen Fabrik weitgehend verzichtet und der notwendige Koordinations- und Abstimmungsbedarf durch geeignete Informations- und Kommunikationssysteme gedeckt. Die virtuelle Fabrik besteht so lange, bis ihr Geschäftszweck erfüllt oder hinfällig geworden ist."

REINHART U. A. (1996) sehen in dieser Organisationsform ein strategisches Konzept für Unternehmen, um in den sich ständig ändernden und unvorhersehbaren Umgebungseinflüssen langfristig erfolgreich zu sein. GOLDMAN U. A.

(1994) haben folgende Motive identifiziert, die zum Wunsch nach einer Teilnahme an virtuellen Fabriken führen:

- Externe Entwicklungs- oder Fertigungsressourcen sollen schnell in die eigene Projektabwicklung integriert werden.
- Die Einbindung externer Ressourcen soll keine Ausnahme darstellen, sondern zur Regel werden.
- Innovative Technologien, die zur Herstellung von komplexen Produkten notwendig sind, sollen nicht im eigenen Unternehmen vorgehalten werden, aber trotzdem kurzfristig verfügbar sein.

Virtuelle Fabriken können zu mehreren Vorteilen für die beteiligten Unternehmen führen. So können die personellen und maschinellen Ressourcen auf die Kernkompetenzen konzentriert werden. Aufgaben, die nicht zur Kernkompetenz gehören, werden von externen Unternehmen bezogen (SCHUH U. A. 1998, WIENDAHL U. A. 1996). Für kleine Unternehmen eröffnet sich die Möglichkeit, auch umfangreiche Aufträge abzuwickeln, da die Arbeitspakete auf mehrere Unternehmen verteilt werden können. Ein kleines Unternehmen kann somit den Handlungsspielraum eines Großunternehmens erreichen. Dadurch können der Auftragseingang erhöht und die Kapazitätsauslastung verbessert werden (MERTENS 1995). Virtuelle Fabriken sind außerdem kundenorientierter als klassische Fabriken, da weder alt eingefahrene Strukturen noch vorhandene Methoden und Werkzeuge eine optimale Auftragsabwicklung verhindern (REINHART U. A. 1996).

2.2 Unterschiede zu bekannten Organisationsformen

Das Konzept der virtuellen Fabrik ist weniger durch neue Elemente als durch die Kombination bekannter Elemente charakterisiert (OLBRICH 1994). Eine virtuelle Fabrik ist eine von mehreren Organisationsformen, in der Unternehmen zusammenarbeiten können.

Bekanntere Formen der Zusammenarbeit sind Konzerne, Joint Ventures, Konsortien und strategische Allianzen. Bei Konzernen, Joint Ventures und Konsortien handelt es sich um Kapital- oder Personengesellschaften, die auch nach

außen als solche auftreten. Bei strategischen Allianzen gibt es im allgemeinen einen gemeinsamen Kooperationsvertrag, in dem die langfristige Zusammenarbeit auf einem bestimmten Geschäftsfeld vereinbart wird. Virtuelle Fabriken haben mit strategischen Allianzen nur gemeinsam, daß es keinen gemeinsamen Overhead gibt (MAYER 1998).

2.3 Erfolgsfaktoren

Für eine erfolgreiche Projektbearbeitung in einer virtuellen Fabrik sind bestimmte Erfolgsfaktoren zu beachten. Folgende Voraussetzungen haben wesentlichen Einfluß auf den tatsächlichen wirtschaftlichen Nutzen:

- *Vertrauen*: Bei virtuellen Fabriken werden vertrauliche Informationen der beteiligten Unternehmen preisgegeben, und wegen des Zeitdrucks wird oft auf umfangreiche Absicherungen verzichtet (KONRADT 1999). Daher sind vertrauensbildende Maßnahmen sowie eine offene Unternehmenskultur zwischen den beteiligten Partnern unerlässlich für den Erfolg (SCHUH U. A. 1998).
- *"Fit für die Kooperation"*: Die Partner müssen strategisch, organisatorisch, unternehmenskulturell sowie informationstechnisch zueinander passen und für Kooperationen ausgerichtet sein (RUDORFER 1998).
- *Moderne I&K-Technologien*¹: Um den Wettbewerb mit Großunternehmen aufnehmen zu können, müssen KMUs² so eng kooperieren, daß sie in der Abwicklung ihrer Projekte wie *ein* Unternehmen wirken. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist eine enge informationstechnische Anbindung aller am Projekt beteiligten Unternehmen, um dem erhöhten Informations- und Kommunikationsbedarf gerecht zu werden (GOLDMAN U. A. 1994).
- *Qualifizierte und eigenverantwortlich handelnde Mitarbeiter*: In virtuellen Fabriken vollziehen sich die Arbeitsabläufe anders als in den klassischen Organisationsformen. Das kann zu einer völlig neuen Arbeitsweise führen,

¹ I&K-Technologien – Informations- und Kommunikationstechnologien

² KMU – kleine und mittlere Unternehmen

bei der der Mensch im Mittelpunkt steht (MALONE & LAUBACHER 1999). Durch die konsequente Prozeßorientierung von virtuellen Fabriken muß bei den Mitarbeitern das Bewußtsein für Prozesse geschaffen werden. Sie müssen eigenverantwortlich in Prozessen denken, planen und handeln. Das Wissen und die Erfahrung der Mitarbeiter kann bis heute in vielen Bereichen durch keine Systeme auch nur annähernd ersetzt werden. Jegliche Versuche diesbezüglich blieben weit hinter den Erwartungen zurück (FUCHS 1995). Die Mitarbeiter stellen somit eine tragende Säule in der virtuellen Fabrik dar und beeinflussen die Effizienz dieser Organisationsform maßgeblich.

2.4 Praxisbeispiele

In den letzten Jahren wurden vermehrt virtuelle Organisationen aufgebaut. Eine Typologie bekannter virtueller Organisationsformen sind in MILLARG (1998) zu finden. Einige typische und auch bekannte Netzwerke aus der Produktionstechnik, für die das im Rahmen der Arbeit entwickelte Konzept geeignet erscheint, werden im folgenden vorgestellt.

REINHART & SCHLIFFENBACHER (1997) beschreiben ein virtuelles Basisnetzwerk, den sogenannten *Virtuellen Markt*³, in dem sich 14 Unternehmen aus der Produktionstechnik mit komplementären und auch konkurrierenden Kompetenzen zusammengeschlossen haben, um am Markt gemeinsam aufzutreten. Regelmäßige Besuche bei den Partnerfirmen schaffen ein Vertrauensverhältnis im Netzwerk. Weiterhin lernen die Mitglieder auf diese Art und Weise die Möglichkeiten und Grenzen der Partnerfirmen kennen. Das ist vor allem deshalb notwendig, da im Netzwerk mehrere innovative Technologien wie beispielsweise *Rapid Prototyping* und die *Finite Elemente Methode* vorhanden sind. Diese können von den Partnerunternehmen nur dann effizient eingesetzt werden, wenn ein bestimmtes Grundverständnis über die Technologien vorhanden ist. Erhält der *Virtuelle Markt* einen Auftrag, wird von mehreren Unternehmen im Netzwerk eine virtuelle Fabrik aufgebaut, die den Auftrag abwickelt. Die Auswahl von Unternehmen für die virtuelle Fabrik erfolgt nach marktwirtschaftlichen Prinzipien durch den Einsatz moderner I&K-Technologien

³ im Internet zu finden unter www.virtueller-markt.de, Stand Juli 1999

(MEHLER & REINHART 1998). Für die anschließende Projektabwicklung werden konventionelle Tools eingesetzt. Die mit dem Netzwerk angestrebten Ziele sind schnelle Zugriffsmöglichkeiten auf innovative Technologien und die gemeinsame Abwicklung von umfangreichen Aufträgen. Weiterhin soll die Kapazitätsauslastung bei den Mitgliedsunternehmen durch zusätzliche Aufträge erhöht werden.

SCHUH U. A. (1997) stellen den Unternehmensverbund *Virtuelle Fabrik Euregio Bodensee*⁴ vor, in dem ca. 20 Unternehmen ähnlich dem *Virtuellen Markt* mit komplementären und konkurrierenden Kompetenzen zusammengeschlossen sind. Der Unterschied zum *Virtuellen Markt* liegt im wesentlichen darin, daß in der *Virtuellen Fabrik Euregio Bodensee* ein *Broker-Konzept* eingesetzt wird, wo ein sogenannter *Broker* die Vermarktung des Netzwerks übernimmt. Die Weiterentwicklungen im Netzwerk konzentrieren sich auf Fragestellungen der Organisationsform und des Marketings. MILLARG (1999) sieht die Vorteile dieses Unternehmensverbundes vor allem in einem steigenden Auftragseingang und in der Möglichkeit, größere Projekte gemeinsam abwickeln zu können.

Ein Kooperationsnetzwerk in der Kfz-Zulieferindustrie wird von MAYER (1998) vorgestellt. Sechs Unternehmen haben sich zu einem Kooperationsnetzwerk zusammengeschlossen, um projektspezifisch die optimale Wertschöpfungskette für den Kunden zu konfigurieren. Seit dem Bestehen des Netzwerks konnten die Produktentstehung beschleunigt, die Reaktionszeit auf Kundenwünsche verkürzt, die Qualität verbessert sowie die Anzahl der Änderungen reduziert werden. Das Potential für die Zukunft sieht MAYER vor allem in einer *unternehmensübergreifenden Informationsbasis* für gemeinsame Produktentstehungsprojekte und Produktionsprozesse, die von allen Partnern mit Projekt- und Prozeßinformationen gefüllt wird und aus der alle Projektbeteiligten Daten anfragen können.

BRANDNER (1998A) stellt ein Unternehmensnetzwerk vor, in dem die Kompetenzen der einzelnen Partnerfirmen deutlich fokussierter sind, als in den bisher beschriebenen Netzwerken: Das Rapid Prototyping Netzwerk *RP-Net.de*⁵. In

⁴ im Internet zu finden unter www.virtuelle-fabrik.org, Stand Juli 1999

⁵ im Internet zu finden unter www.rp-net.de, Stand Juli 1999

diesem Netzwerk sind 27 Dienstleister mit der Kernkompetenz Rapid Prototyping / Rapid Tooling (RP/RT) oder mit ergänzenden Kompetenzen zusammengeschlossen. Das Netzwerk kann dem Kunden gegenüber ein umfassendes Leistungsspektrum im Modell- und Prototypenbau mit innovativen Fertigungstechnologien anbieten. Ein auf Internet-Technologien basierendes Anfrage- und Angebotssystem sorgt dafür, daß der Kunde schnell die für seine jeweilige Aufgabenstellung am besten geeigneten Dienstleister findet. Der Auftrag wird dann entweder von einem Unternehmen alleine bearbeitet, oder mehrere Unternehmen bilden zusammen eine virtuelle Fabrik und wickeln den Auftrag gemeinsam ab. Bei der Auftragsabwicklung werden außer E-Mail keine speziellen Softwareprodukte eingesetzt. Das Ziel dieses Netzwerks ist es, Kunden durch die Kompetenzbündelung und das internetbasierte Anfragewesen den Zugang zu den Fertigungstechnologien im Netzwerk deutlich zu vereinfachen. Die Dienstleister im Netzwerk streben durch die Organisationsform einen steigenden Auftragseingang und die Gewinnung von Großkunden an.

In allen vorgestellten Praxisbeispielen werden für die Projektabwicklung noch keine speziell für Unternehmensnetzwerke oder virtuelle Fabriken entwickelten Softwaretools eingesetzt. Die Bildung von projektspezifischen virtuellen Fabriken führt deshalb zu Reibungsverlusten in der Projektabwicklung, die im folgenden erläutert werden.

2.5 Defizite in der Projektabwicklung

Reibungsverluste in der Projektplanung und -abwicklung bedeuten Zusatzaufwand und führen häufig zu Projektverzögerungen und Mehrkosten. Nach WHEELWRIGHT & CLARK (1994) wird die Projektplanung und -abwicklung in drei Ebenen unterschieden (Bild 2-1). Auf der strategischen Ebene wird zunächst die Entwicklungsstrategie auf die Unternehmensziele abgestimmt. Auf der taktischen Ebene erfolgt anschließend eine detaillierte Planung. Hier steht u. a. die Termin- und Ressourcenplanung im Vordergrund. Es wird entschieden, welches Produkt wann und unter Teilnahme welcher funktionalen Bereiche abgewickelt werden soll. In der operationalen Ebene findet schließlich die Projektabwicklung statt. Gründe für die Reibungsverluste in virtuellen Fabriken sind hauptsächlich in der taktischen und der operationalen Ebene zu finden.

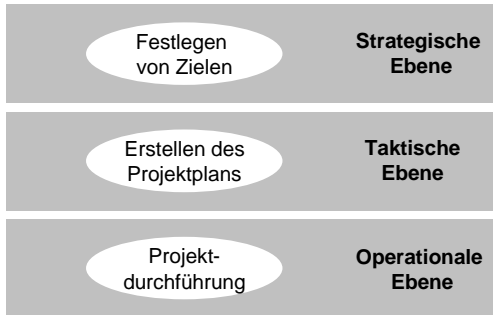


Bild 2-1: Ebenen in der Projektplanung und -abwicklung (in Anlehnung an WHEELWRIGHT & CLARK 1994)

In der taktischen Ebene ist die mangelnde Übersicht über den Projektverlauf zu nennen. Die Unternehmen wissen i. d. R. über den Stand Ihrer Teilprojekte Bescheid. Dieser ist auch in den Planungssystemen der Unternehmen abgebildet. Da die Projektpartner aber zum einen unterschiedliche Softwarewerkzeuge einsetzen und zum anderen nicht gegenseitig auf Projektpläne zugreifen können, können diese Informationen nicht unternehmensübergreifend in einem Gesamtprojektplan ausgewertet werden. Die Folge ist, daß Verzögerungen in Teilprojekten oft zu spät erkannt werden.

Neben diesem Defizit in der taktischen Ebene sind vor allem in der operationalen Ebene, also in der Projektdurchführung, Gründe für Reibungsverluste vorzufinden. Im Projektverlauf werden große Mengen an Daten erzeugt, geändert und weiterverarbeitet. Die Notwendigkeit der Nutzung von innovativen Technologien führt zum Einsatz komplexer Systeme, was wiederum zu einem Anwachsen der Datenmenge und vor allem auch zu einer steigenden Komplexität der Datenstrukturen führt. GAITANIDES U. A. (1994, S. 25) beschreiben die negativen Folgen dieser Entwicklung folgendermaßen:

"Den größten Teil ihrer Zeit verbringen Mitarbeiter damit, Fehler zu korrigieren, die nicht einmal von ihnen selbst verursacht worden sind. Der Aufwand besteht z. B. darin, Unklarheiten in den zu bearbeitenden Vorlagen zu beseitigen, fehlende Informationen zu beschaffen oder spezifisch formulierte Ansprüche und Wünsche in das standardisierte DV-System einzubinden."

In Unternehmenskooperationen wird dieses Defizit verstärkt. Die geographische Trennung sowie heterogene I&K-Technologien und Organisationen führen dazu, daß Informationen in unterschiedlichen Formaten und an unterschiedlichen Orten gespeichert werden. Dadurch wird der Zugriff auf Informationen, die nicht im eigenen Unternehmen verwaltet werden, erschwert und es entsteht eine unkontrollierte Datenredundanz. Doppelarbeit beim Einbringen von Änderungen ist die Folge (GOLDMAN U. A. 1996).

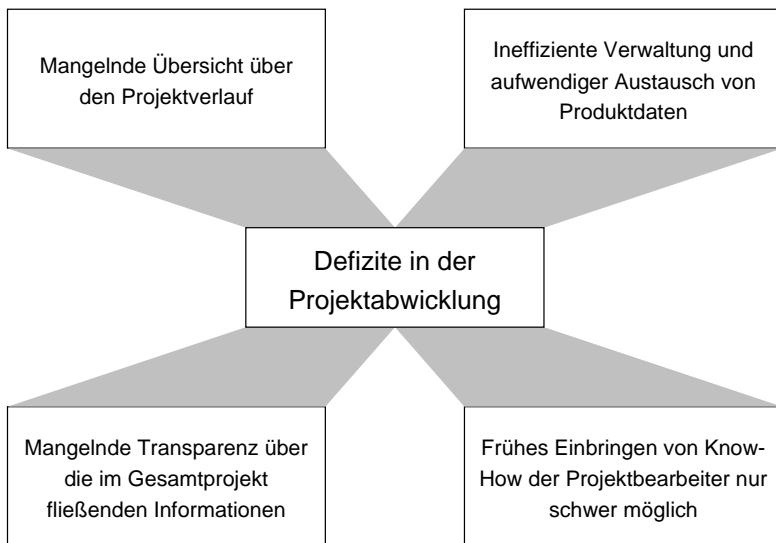


Bild 2-2: Defizite in der Projektabwicklung in virtuellen Fabriken

Weiterhin ist der Informationsfluß im Projekt oft intransparent. Die Projektbeteiligten haben keinen Überblick darüber, mit welchen Softwarewerkzeugen Daten in anderen Organisationseinheiten der virtuellen Fabrik weiterbearbeitet werden müssen. Die Bearbeiter berücksichtigen bei ihrer Tätigkeit kaum datentechnische Anforderungen von nachgelagerten Bereichen. Daten werden deshalb regelmäßig in einem unbrauchbaren Format weitergegeben und müssen mit viel Doppelarbeit neu erzeugt werden (BRANDNER 1997).

MAYER (1998) nennt als eine wesentliche Herausforderung in virtuellen Fabriken das Einbringen des Know-hows der einzelnen Kooperationspartner. Durch die Aufteilung der Wertschöpfungsketten auf mehrere Unternehmen, ist auch das Know-how über die einzelnen Tätigkeiten auf mehrere Unternehmen verteilt. Es reicht in komplexen Projekten allerdings nicht aus, wenn das Know-how der Projektbearbeiter nur in ihre jeweils eigenen Aktivitäten und Teilprojekte einfließt. Das Detail-Know-how aller Projektmitarbeiter muß frühzeitig in die Gestaltung des Produkts, der Produktionsmittel und des Produktionsprozesses eingebracht werden und bestimmt damit maßgeblich den Projektplanungsprozeß mit. Bild 2-2 faßt die beschriebenen Defizite zusammen.

2.6 Zusammenfassung

Virtuelle Fabriken stellen eine neue Organisationsform dar, mit der vor allem kleinen und mittleren Unternehmen aus der Produktionstechnik neue Potentiale eröffnet werden. Ausgangsbasis für die Bildung von virtuellen Fabriken ist in den meisten Fällen ein Basisnetzwerk. Sobald ein konkreter Auftrag vorliegt, bildet sich aus dem Basisnetzwerk eine geeignete Wertschöpfungskette in Form einer virtuellen Fabrik.

Diese Organisationsform ist weniger durch neue Elemente als durch die Kombination bekannter Elemente charakterisiert. Erfolgsfaktoren sind Vertrauen, "Fit für die Kooperation", qualifizierte und eigenverantwortlich handelnde Mitarbeiter sowie moderne I&K-Technologien.

Aus der Praxis sind unterschiedliche Ausprägungen der virtuellen Fabrik bekannt. Während bei einigen Beispielen bereits spezielle Softwaresysteme für den Aufbau von Kooperationen eingesetzt werden, werden bei anderen Beispielen außer E-Mail keine speziellen I&K-Technologien genutzt. Die Verteilung der Wertschöpfungskette auf mehrere Unternehmen führt somit zu Reibungsverlusten in der Projektabwicklung.

Diese Reibungsverluste stehen den Chancen und Möglichkeiten von virtuellen Fabriken gegenüber. Um die Organisationsform langfristig tragfähig zu machen, ist deshalb ein effizientes Produktdaten- und Prozeßmanagement zu installieren.

3 Produktdaten- und Prozeßmanagement – Stand der Technik

In diesem Kapitel werden Methoden und Werkzeuge vorgestellt, die typischerweise in der Projektplanung und -abwicklung eingesetzt werden. Es wird überprüft, inwieweit die verfügbaren Ansätze die in Abschnitt 2.5 identifizierten Defizite bei der Projektabwicklung in virtuellen Fabriken beheben können. Am Ende des Kapitels werden die Möglichkeiten und Grenzen aller vorgestellten Ansätze zusammengefaßt. Darauf aufbauend wird der Handlungsbedarf abgeleitet.

3.1 Übersicht

In Bild 3-1 sind die unterschiedlichen Methoden und Werkzeuge positioniert, die in der Projektplanung und -abwicklung eingesetzt werden.

Einen sehr verbreiteten Ansatz stellt das *Projektmanagement* dar. Mit Hilfe von Balkenplänen und Netzplänen werden Inhalte, Termine und Kosten des Projekts grob geplant.

Für die Feinplanung existieren unterschiedliche Methoden und Werkzeuge des *Geschäftsprozeßmanagements*. Mit diesen Ansätzen können operative Tätigkeiten modelliert, optimiert und verteilt werden. Weiterhin unterstützen sie die transparente Darstellung von Informationsflüssen. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Ansätze des Projektmanagements und des Geschäftsprozeßmanagements unter dem Begriff *Prozeßmanagement* zusammengefaßt. Dadurch soll auch der ähnliche Charakter der beiden Ansätze wiedergespiegelt werden.

Letztendlich werden für die strukturierte Verwaltung von Produktdaten und Dokumenten sogenannte *Produktdatenmanagementsysteme* eingesetzt. Diese Systeme unterstützen auch standardisierte Geschäftsprozesse, beispielsweise im Änderungs- und Freigabewesen.

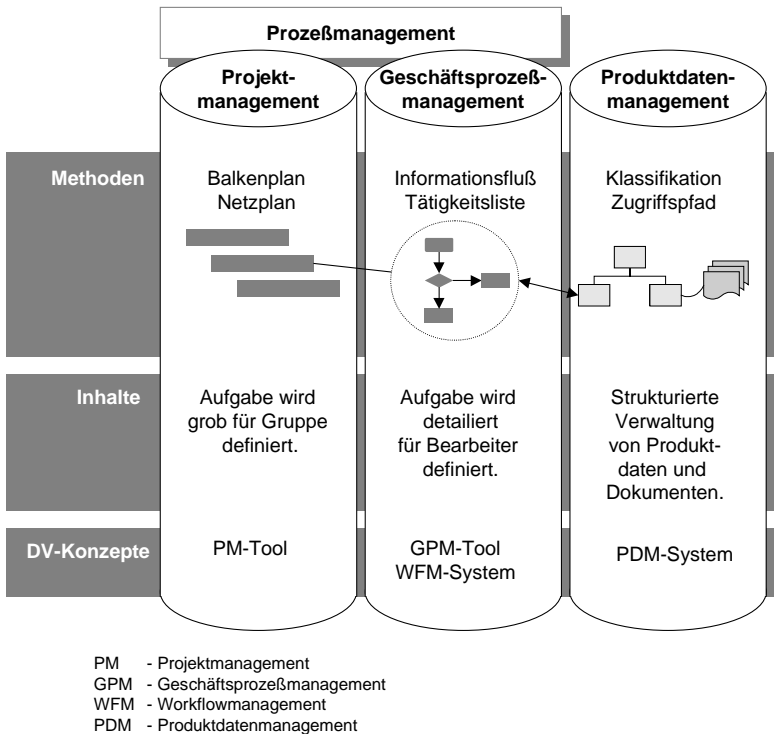


Bild 3-1: Positionierung verfügbarer Lösungsansätze

3.2 Projektmanagement

3.2.1 Begriffsdefinition und Entwicklung

Nach DAENZER & HUBER (1994) ist das Projektmanagement *"die Gesamtheit aller planenden, überwachenden, koordinierenden und steuernden Maßnahmen, die bei einer Neugestaltung von Systemen notwendig sind."*

In der Vergangenheit ist oft der Eindruck entstanden, Projektmanagement ist aufwendig und kompliziert und für Kleinvorhaben deshalb nicht anwendbar. Dies trifft jedoch nicht zu. Es ist allerdings schwierig, neuzeitliche Methoden, die meist im Zusammenhang mit Großprojekten entwickelt wurden, im richtigen Maße auf kleine und mittelgroße Projekte zu übertragen. Deshalb wurden die vorhandenen Methoden teilweise bereits deutlich vereinfacht. Für das *moderne Projektmanagement* gilt der Grundsatz, daß auch komplizierte Zusammenhänge nicht unnötig kompliziert, sondern so einfach wie möglich dargestellt und beschrieben werden (KRAUS & WESTERMANN 1995).

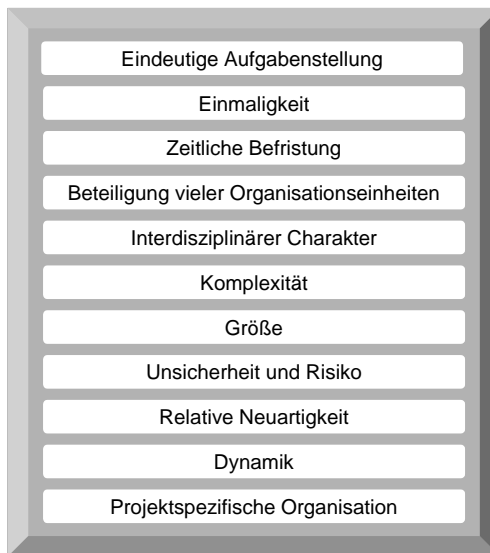


Bild 3-2: Merkmale von Projekten (nach MADAUSS 1994)

Betrachtet man die Projektmerkmale, die MADAUSS (1994) im Rahmen einer Literaturanalyse zusammengestellt hat (Bild 3-2), so sind große Ähnlichkeiten zu den Merkmalen von virtuellen Fabriken festzustellen: Eine virtuelle Fabrik wird gebildet, wenn eine *eindeutige Aufgabenstellung* vorliegt. Sie ist in ihrer Zusammensetzung *einmalig*, *zeitlich befristet* und wird wieder aufgelöst, sobald

der Auftrag abgewickelt ist. Die Beteiligung von *mehreren Organisationseinheiten* und der *interdisziplinäre Charakter* durch den Einsatz innovativer Technologien erhöhen die *Komplexität*. Die Aufgabenstellung ist zu *umfangreich* für ein einzelnes Unternehmen. *Unsicherheit* und *Risiko* werden in virtuellen Fabriken gemeinsam von den beteiligten Partnern getragen. Die *relative Neuartigkeit* und *Dynamik* erfordern eine *projektspezifische Organisation*.

Die effiziente Abwicklung eines Projekts setzt eine klare und eindeutige Zieldefinition, eine gründliche Ablaufplanung sowie die Anwendung wirkungsvoller Steuerungsverfahren voraus. Nur so läßt sich zwischen den Projektanforderungen und den zur Verfügung stehenden Investitionsmitteln ein Gleichgewicht herstellen. Die Durchführung eines Projekts ist also von vornherein mit großen Risiken behaftet, da niemand in der Lage ist, das gewünschte Ergebnis im Rahmen eines festgesetzten finanziellen und terminlichen Limits zu garantieren. Eine gründliche Planung und Überwachung sind für die Risikoeindämmung von äußerster Wichtigkeit (WISCHNEWSKI 1992). Um den richtigen Weg einschlagen zu können, muß der Ablauf eines Projekts, der *Lebenszyklus*, genau bekannt sein.

Der Lebenszyklus eines Projekts im Bereich der Produktionstechnik

Trotz der Tatsache, daß kein Projekt dem anderen gleicht, ist ein bestimmter ähnlicher Lebenszyklus in Projekten zu beobachten, der in Bild 3-3 dargestellt ist. Nicht immer ist ein Unternehmen jedoch für alle Projektphasen zuständig. "Forschung und Entwicklung" werden oft von anderen Unternehmen durchgeführt als die "Produktion und Beschaffung". Weiterhin sind auch Aufteilungen innerhalb der Phasen denkbar.

Lebenszyklus eines Projektes

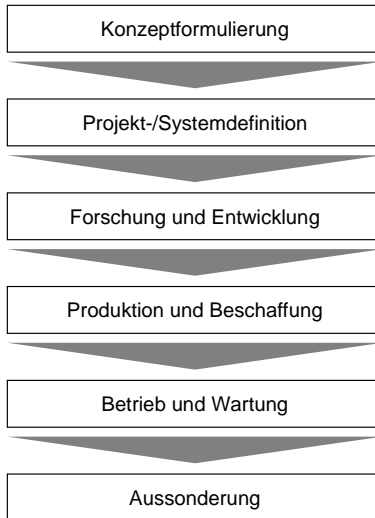


Bild 3-3: Lebenszyklus eines Projekts im Bereich der Produktionstechnik (in Anlehnung an MADAUSS 1994)

In der *Konzeptformulierung* werden Systemkonzepte untersucht sowie die Möglichkeiten zur Machbarkeit und Erfüllung der Kundenwünsche analysiert. Gleichzeitig werden Zeit- und Kostenpläne sowie Managementkonzepte erstellt. Diese Phase endet in der Regel mit einem Abschlußbericht, bestehend aus der Systemspezifikation sowie vorläufigen Ablauf- und Kostenplänen und dient der Vorbereitung für die Projektdefinition.

In der Phase der *Projektdefinition* wird das Projekt technisch gegliedert, definiert und detailliert geplant. Baugruppen werden genauer beschrieben und Entwicklungsmaßnahmen vorgeplant. Weiterhin werden in dieser Phase kompetente Entwicklungspartner und Lieferantenfirmen identifiziert und in die Planung mit einbezogen. Am Ende dieser Phase liegen Planungsunterlagen mit verbindlichen Termin- und Kostenplänen vor.

Im Gegensatz zu den vorhergegangenen Phasen handelt es sich bei den Phasen *Forschung und Entwicklung* sowie *Produktion und Beschaffung* um hardwareorientierte Phasen. Das Ziel ist die spezifikationsgerechte Erstellung eines Produkts im Rahmen vorgegebener Termin- und Kostengrenzen. In dieser Phase müssen Konstruktions- und Entwicklungstätigkeiten durchgeführt werden und aufbauend darauf Prototypen und letztendlich das Endprodukt hergestellt werden. Diese Phase endet mit der Übergabe des funktionsfähigen Endprodukts zum vereinbarten Termin.

Der Lebenszyklus wird weitergeführt mit der Phase *Betrieb und Wartung* und letztendlich mit der *Aussonderung* des Produkts abgeschlossen.

Die einzelnen Phasen sind durch entsprechende Abschluß-Meilensteine exakt begrenzt. In der Praxis laufen die einzelnen Phasen allerdings regelmäßig ineinander über, was zu Phasenüberlappungen führt (LINDEMANN & KLEEDÖRFER 1997). Diese Phasenüberlappungen werden beispielsweise beim *Simultaneous Engineering* bewußt herbeigeführt.

Konzept des Simultaneous Engineering

Das *Simultaneous Engineering* ist ein Konzept zur prozeßorientierten Integration der Aufgaben in eine Organisationseinheit. Durch die Bildung von Teams wird ein ganzheitlicher Arbeitsansatz gewählt, um möglichst frühzeitigen Informationsaustausch zu gewährleisten. Dadurch wird die vormals sequentielle, funktionsorientierte Vorgehensweise durch eine eng miteinander vernetzte parallele Entwicklung ersetzt. Da die Entwicklungsdauer durch die Parallelisierung abnimmt, steigt die Kommunikation pro Zeiteinheit stark an. Sowohl Kenntnisse und Fähigkeiten der Mitarbeiter als auch Methoden und Werkzeuge müssen auf diese Problematik hin ausgerichtet werden (EHRENSPIEL 1995).

Nach der Beschreibung der Grundlagen des Projektmanagements werden im folgenden Abschnitt Methoden und Werkzeuge vorgestellt.

3.2.2 Methoden und Werkzeuge zum Projektmanagement

3.2.2.1 Grundlegende Methoden zur Projektplanung und -überwachung

Die Planung eines Projekts ist der erste Schritt zur Projektsteuerung. Planung ist eine Projektion in die Zukunft und sie ist deshalb mit den Mängeln, die eine Prognose üblicherweise aufweist, belastet. Sie bedarf deshalb einer ständigen Iteration durch Hinzufügen neuer Erkenntnisse, die über den Überwachungsprozeß eingebracht werden. Die Projektüberwachung besteht nach MADAUSS (1994) aus den Schritten

1. Erfassen der aktuellen Daten,
2. Vergleich dieser Daten mit der Planungsbasis und
3. Festlegung von Schlußfolgerungen.

Planung und Überwachung nehmen im Projektmanagement eine Schlüsselrolle ein. In den vergangenen Jahren wurde deshalb eine Vielzahl von Planungsinstrumenten entwickelt.

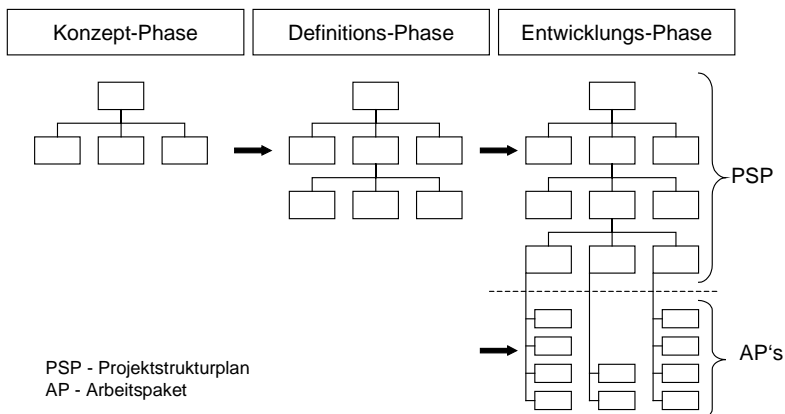


Bild 3-4: Projektstrukturplan (PSP) nach KERZNER & THAMHAIN (1986)

Eines der wenigen Instrumente, das sich durchgesetzt hat, ist der *Projektstrukturplan (PSP)*, der in Bild 3-4 dargestellt ist. Beim Projektstrukturplan werden große und komplexe Projekte in einzelne Phasen, Segmente, Baugruppen, Funktionen, Arbeitspakete usw. gegliedert. Den einzelnen Projektelementen werden anschließend Firmen oder Bearbeiter zugeordnet. Dadurch soll die notwendige Transparenz geschaffen werden, um die Planung und Ablaufkontrolle sicherzustellen.

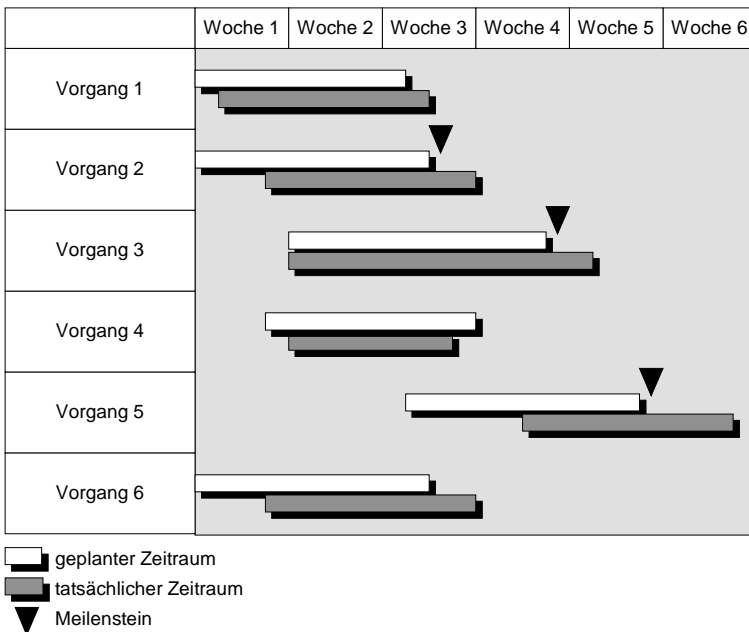


Bild 3-5: Balkenplan mit Meilensteinen

Als weitere Projektplanungsmethode hat sich die *Termin- und Ablaufplanung* durchgesetzt. In ihr sind die zeitlich aufeinander abgestimmten Einzeltätigkeiten übersichtlich und kontrollfähig zusammengefaßt. Die Erstellung der Termin- und Ablaufpläne erfolgt in enger Anbindung an den Projektstrukturplan.

Wie beim Projektstrukturplan ist auch der Detaillierungsgrad der Planungsunterlagen in den Frühphasen des Projekts langsam zu erhöhen, so daß am Ende der Definitionsphase eine komplette und detaillierte Planung vorliegt (KERZNER & THAMHAIN 1986).

Das am meisten verbreitete Instrument der Termin- und Ablaufplanung ist der *Balkenplan* (Bild 3-5). Der Balkenplan kann ohne Vorkenntnisse verstanden werden und erfährt dadurch eine besonders große Akzeptanz. Durch die Erweiterung mit Meilensteinen können auch Zwischenergebnisse überprüft werden (PLATZ 1995).

Im Balkenplan fehlt allerdings die Ablauflogik. Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Vorgängen werden nicht ausreichend berücksichtigt. Hier bietet der *Netzplan* deutlich bessere Möglichkeiten. Netzpläne können nach den Verfahren

- Critical Path Method (CPM, Bild 3-6),
- Programm Evaluation and Review Technique (PERT) und der
- Metra-Potential-Methode (MPM)

erstellt werden.

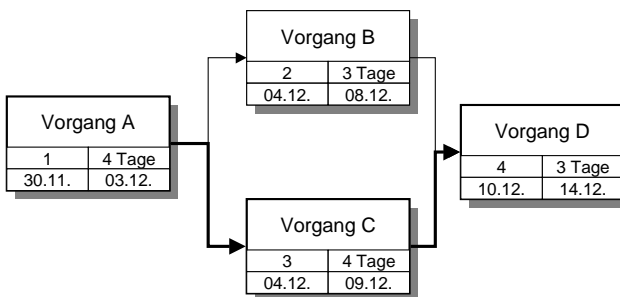


Bild 3-6: Netzplandiagramm (CPM – Critical Path Method)

Grundlage ist bei allen Verfahren die Verknüpfung einzelner Prozeßelemente (Aktivitäten oder Meilensteine) mit Hilfe strenger zeitlicher Abhängigkeitsbe-

ziehungen (vgl. DIN 69900). Inhaltliche Beziehungen werden nicht betrachtet. Diese Systematik eignet sich gut zum einmaligen Modellieren eines Idealablaufs. Durch die Definition der Abhängigkeitsbeziehungen erhält man eine automatische Terminierung der Vorgänge. Die Qualität der Terminierung hängt dabei stark von der Vollständigkeit des Prozeßmodells ab (GROH & GUTSCH 1982).

Die Netzplantechnik hat den Vorteil, daß alle am Projekt Beteiligten den Projektverlauf genau durchdenken und frühzeitig Absprachen und Entscheidungen treffen müssen. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn verschiedene Firmen oder Abteilungen einer Firma zusammenarbeiten. Der Netzplan vermittelt in der graphischen Darstellung eine ausgezeichnete Übersicht über das Projekt, was die Kontrolle über die Vollständigkeit der Planung erleichtert. (REICHERT 1994)

3.2.2.2 Funktionsumfang verfügbarer Projektmanagementsysteme

Im folgenden wird der Funktionsumfang moderner Projektmanagementsysteme vorgestellt. In MAN (1999) sind 45 Projektmanagementsysteme untersucht und ausführlich bewertet. Danach weisen die Systeme typischerweise folgende Funktionen auf:

- *Projektplanung in Balkenplan- und Netzplantechnik*: Diese Basisfunktionen werden von allen Systemen unterstützt.
- *Ressourcen-, Bedarfs- und Kapazitätsmanagement*: Ein Schwerpunkt vieler Systeme liegt auf dem Ressourcen-, Bedarfs- und Kapazitätsmanagement. Auslastungen und Verfügbarkeiten können nach unterschiedlichen Kriterien ausgewertet und übersichtlich grafisch dargestellt werden. Zeiten werden detailliert erfaßt und verarbeitet.
- *Kostenmanagement*: Die meisten Systeme verfügen über flexible Mechanismen zur Kostenübersicht, Kostenschätzung und Budgetkontrolle.
- *Szenarien*: What-If-Szenarien können erzeugt, eingesehen und in die tatsächliche Planung integriert werden.

- *Datenaustausch*: Über ein Data-Exchange-Modul können Daten mit anderen Projektmanagementsystemen ausgetauscht werden.

Einige Systeme setzen vermehrt Internet-Technologien ein und unterstützen dadurch den standortübergreifenden Einsatz:

- *Projektverfolgung*: Web-basierte Time-Reporting-Module ermöglichen eine detaillierte Projektverfolgung. Rückgemeldete Daten können konsolidiert und dann integriert werden. Unterschiedliche Optimierungsverfahren unterstützen hierbei den Projektmanager.
- *Berichtsgenerator und Präsentationsgrafik*: Pläne können durch Bilder und Charts präsentationsgerecht aufbereitet werden. Es ist auch möglich, Pläne im WWW⁶ zu veröffentlichen oder in Text-, Tabellen- und Präsentationsdateien einzubetten.
- *Kommunizieren via E-Mail*: Zur Verteilung von Informationen im eigenen Netz oder weltweit, werden elektronische Mail-Systeme unterstützt. E-Mail-Adressen können im Projekt verwaltet werden und frei gestaltbare Rückmeldeformulare dadurch automatisch an die betreffenden Mitarbeiter verteilt werden.
- *Multiuser-Projektmanagement im Internet*: Alle Projekte und alle Ressourcen sind in einer Datenbank lokalisiert. Das ermöglicht eine projektübergreifende Planung, Auswertung und Übersicht von beliebig verteilten Arbeitsplätzen aus. Außerdem ist ein verteiltes Bearbeiten bei großen Projekten auf verschiedenen Rechnern möglich. Mittels der Unterplantechnik werden Planstrukturen in separaten Dateien zur lokalen Weiterbearbeitung gespeichert und danach wieder ins Ursprungsprojekt eingelesen.

Die Internet-Technologie hat zwar bei den kommerziellen Projektmanagementsystemen dazu geführt, daß geographisch verteilte Projektteams besser unterstützt werden, allerdings wird das Projektmanagement nach wie vor losgelöst von dem Informationsfluß betrachtet, der auf der operationalen Ebene stattfindet. Das Defizit der mangelnden Transparenz über die im Gesamtprojekt fließenden Informationen kann deshalb mit kommerziellen Systemen nicht besei-

⁶ WWW – World Wide Web

tigt werden. In der Forschung sind allerdings Ansätze bekannt, die bei der Projektplanung den Informationsfluß berücksichtigen.

3.2.2.3 Projektmanagementsysteme in der Forschung

Der Bedarf der Planung des Informationsflusses wurde bereits vor einigen Jahren u. a. von SCHMALZL (1996) und KLEEDÖRFER (1998) erkannt.

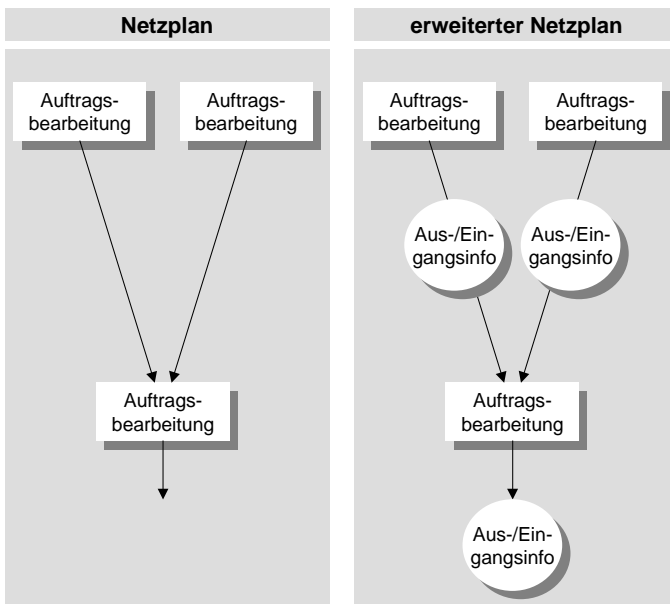


Bild 3-7: Vom Netzplan zum erweiterten Netzplan (SCHMALZL 1996)

SCHMALZL hat den Netzplan um ein Informationssymbol als Schnittstelle zwischen zwei Vorgängen ergänzt. Damit liegt ein erweiterter Netzplan vor, mit dem abgebildet werden kann, welches Arbeitsergebnis von einem vorgelagerten Vorgang erwartet wird (Bild 3-7). SCHMALZL konzentriert sich hierbei auf die Konzeption und Entwicklung eines Projektleitsystems und der darin verarbeit-

baren Informationen im integrierten Produkterstellungsprozeß. Unternehmensübergreifende Aspekte und die Integration der Prozesse mit den Produktdaten werden nicht behandelt. Der Informationsfluß kann deshalb nicht in der geforderten Form modelliert werden. Für die Projektplanung und -abwicklung in virtuellen Fabriken ist der Ansatz in der vorgestellten Form deshalb nicht ausreichend.

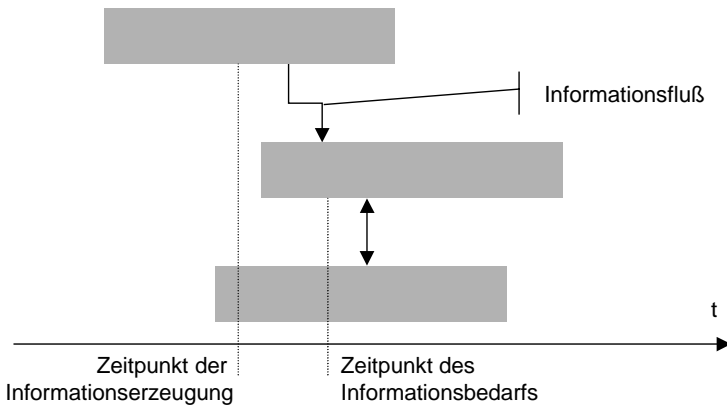


Bild 3-8: Darstellung des Informationsflusses in einem Prozeßplan (nach KLEEDÖRFER 1998)

KLEEDÖRFER (1998) stellt ein System der Produktentwicklung vor, das auf der Modellstruktur der Systemtechnik beruht. Es dient als Gliederungshilfe für die Produktentwicklung. Weiterhin kann es für die Beurteilung von Maßnahmen im Rahmen des Änderungsmanagements und dessen Auswirkungen herangezogen werden. KLEEDÖRFER hat ein dezentrales Prozeßmanagement entwickelt, in dem sowohl eine taktische als auch operationale Phasen- und Strukturplanung realisiert ist. Auf der Basis von Zielvorgaben einer strategischen Planung werden die verantwortlichen Entwickler in die Zieldefinition auf der operationalen Ebene eingebunden. Unter Zuhilfenahme von Entwicklungshandbüchern und Checklisten zur Leistungsschnittstellenanalyse ist dadurch ein systematischer und effizienter Planungsprozeß für die Phasen- und Projektstruktur vorgegeben. Mit der entwickelten Methode können vernetzte und konsistente Prozeßpläne

aufgebaut werden. Dazu werden, auf der Basis eines Balkendiagramms zur Planung der Aktivitäten, die Informationsflußbeziehungen zwischen den Organisationseinheiten und deren Vorgängen abgebildet (Bild 3-8). Durch die logische Verknüpfung kann verhindert werden, daß im Falle einer Störung alle nachfolgenden Aktivitäten automatisch nach hinten verschoben werden.

Die Methode wurde in dem datenbankgestützten Rechnersystem GRIPS umgesetzt. Während der Durchführung von Produktentwicklungsprojekten dient der Prozeßplan der Konflikterkennung, indem auf mögliche Defizite im Informationsfluß hingewiesen wird. Durch das Rechnerwerkzeug wird keine Simulation oder Berechnung des Prozesses durchgeführt, sondern allein der Abstimmungsbedarf aufgezeigt, der erst durch eine direkte Kommunikation des Senders mit dem Empfänger der Information befriedigt werden kann.

Der Ansatz konzentriert sich auf das Prozeß- und Änderungsmanagement und berücksichtigt hier sowohl die taktische als auch die operationale Phasenplanung. Allerdings werden die Produktdaten, die in den Prozessen bearbeitet und weitergegeben werden, nicht näher betrachtet. Der Aspekt der Kooperation wird zwar angesprochen, allerdings geht der Autor von langfristigen, komplexen Kooperationsbeziehungen aus, wie sie beispielsweise in der Automobilindustrie vorzufinden sind. Die besonderen Anforderungen von kurzfristigen dynamischen Kooperationen in Unternehmensnetzwerken werden nicht berücksichtigt. Die Projekttransparenz kann somit für langfristige Entwicklungskooperationen gesteigert werden, für virtuelle Fabriken bleiben allerdings die Produktdatenverwaltung ineffizient und der unternehmensübergreifende Informationsfluß intransparent.

3.2.3 Zusammenfassende Bewertung

Projekte sind nach der vorgestellten Definition durch ähnliche Merkmale gekennzeichnet wie virtuelle Fabriken, weshalb die Methoden des Projektmanagements geeignet erscheinen, um Aufträge in virtuellen Fabriken abzuwickeln. Die grundlegenden Methoden, wie beispielsweise der Projektstrukturplan, die Balkenplantechnik und die Netzplantechnik sind zwar prinzipiell geeignet, weisen aber aufgrund ihrer Starrheit Einschränkungen beim Einbringen von Änderungen auf. Kommerziell verfügbare Systeme nutzen diese grundlegenden Methoden und wurden in den letzten Jahren um Web-Funktionen erweitert.

Allerdings kann mit den Systemen keine Transparenz über die im Gesamtprojekt fließenden Informationen erreicht werden.

Die Ansätze in der Forschung lösen das Problem der starren Netzplantechnik dadurch, daß Verknüpfungen zwischen Prozessen nicht durch strenge zeitliche Abhängigkeiten, sondern durch inhaltliche Verbindungen hergestellt werden. Allerdings werden die Inhalte nur verbal beschrieben und es wird keine logische Verknüpfung zu den Produktdaten hergestellt. Dadurch kann der unternehmensübergreifende Fluß der Produktdaten nicht geplant und transparent gestaltet werden. Vor allem aber sind die verfügbaren Ansätze nicht für ständig neue Unternehmenskonstellationen in virtuellen Fabriken geeignet.

3.3 Geschäftsprozeßmanagement

Während beim Projektmanagement nur grob festgelegt wird, wer wann was mit welchen Mitteln bis zu welchem Termin durchzuführen hat, werden beim Geschäftsprozeßmanagement die Planung konkretisiert und vor allem auch der Informationsfluß berücksichtigt.

3.3.1 Begriffsdefinition und Entwicklung

Das Geschäftsprozeßmanagement entwickelte sich auf Basis der Erkenntnis, daß alle Aktivitäten der wertschöpfenden Kette, die untereinander verknüpft sind und aufeinander einwirken, auch ein Endprodukt liefern. So werden in Fertigungsprozessen materielle Ergebnisse erzeugt, während in indirekten oder Verwaltungsbereichen die Ergebnisse in Form einer Dienstleistung bestehen. Neu ist dabei die Betrachtung der innerbetrieblichen Leistungsverflechtung – also der Input-Output-Verknüpfungen der Prozesse als ein Netzwerk zur Erstellung von Dienstleistungen. Diese Perspektive steht im Mittelpunkt des Geschäftsprozeßmanagements (GAITANIDES U. A. 1994). Das Geschäftsprozeßmanagement basiert somit auf der Idee der Prozeßorientierung, also in der Strukturierung der betrieblichen Abläufe nach dem Flußprinzip.

SCHEER (1995) beschreibt einen Geschäftsprozeß als eine Menge von Aktivitäten, die

- eine konkrete räumliche und zeitliche Struktur besitzen,
- die Bereitstellung eines bestimmten Produkts durch die Transformation von Objekten über unterschiedliche Zwischenzustände in den geforderten Endzustand beinhalten,
- auf das Ziel der Wertschöpfung ausgerichtet sind und
- durch das organisierte Zusammenwirken von Menschen, Betriebsmitteln, Material, Energie und Information gekennzeichnet sind.

Jede Beziehung zwischen einzelnen Prozessschritten kann als Kunden-Lieferanten-Beziehung charakterisiert werden. Jede Aktivität hat mindestens einen Kunden, der eine Leistung nachfragt. Die Kunden-Lieferanten-Beziehungen haben maßgeblichen Einfluß auf die gesamte Prozeßkette. (SCHÄFER 1998)

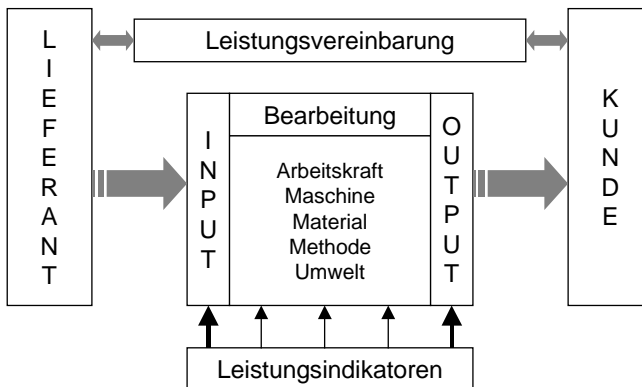


Bild 3-9: Geschäftsprozessmodul als Basiskomponente des Geschäftsprozessmanagements (GAITANIDES U. A. 1994)

Die Basiskomponente des Geschäftsprozessmanagements ist das *Geschäftsprozessmodul*, das nach GAITANIDES U. A. (1994) die Bestandteile Input/Output, Bearbeitung, Leistungsvereinbarung und Leistungsindikatoren aufweist (Bild 3-9). Diese Bestandteile werden im folgenden kurz vorgestellt.

- *Input/Output*: Jeder Verarbeitungsschritt ist gekennzeichnet durch Input und Output. Dies können Informationen, Dienstleistungen oder auch Materialien sein. Entscheidend für die Prozeßeﬃzienz ist die Qualität von Input und Output. Ein wesentlicher Aspekt des Geschäftsprozeßmanagements ist somit die Frage nach ihrer Notwendigkeit und ihre Bewertung. Die Zufriedenheit des Kunden ist abhängig von der Übereinstimmung des geplanten Output mit dem tatsächlichen Prozeßergebnis.
- *Bearbeitung*: Der Output wird auf Basis vordefinierter Abläufe aus dem Input generiert. Daran erkennt man bereits die Ausrichtung des Geschäftsprozeßmanagements auf Standardabläufe im Unternehmen. Ein Ziel ist es hierbei, diese Abläufe zu verbessern.
- *Leistungsvereinbarung*: Ein weiteres Ziel des Geschäftsprozeßmanagements ist der Abbau von Koordinationsbedarf. Hierzu müssen die Nahtstellen zwischen Geschäftsprozessen möglichst exakt abgestimmt sein.
- *Leistungsindikatoren*: Um die Geschäftsprozesse langfristig verbessern zu können, werden die Vorgaben in den Prozessen (Input, Bearbeitung und Output) regelmäßig mit den tatsächlichen Vorgehensweisen und Ergebnissen verglichen. Kennzahlensysteme messen Abweichungen und geben bei Bedarf einen Verbesserungsimpuls.

Der Ansatz des Geschäftsprozeßmanagements erlaubt es, umfangreiche und komplexe Abläufe im Unternehmen auf Basis dieser einfachen Module darzustellen. Entscheidend hierfür ist allerdings die Transparenz der Prozeßstruktur. Hierfür müssen die Prozeßschritte und deren Verknüpfungen visuell aufgezeigt werden. (WARNECKE U. A. 1998)

Geschäftsprozeßmanagement in den planerischen Bereichen

Das Geschäftsprozeßmanagement hat seinen Ursprung in den Verwaltungsbereichen. Die betrachteten Verwaltungsprozesse waren in ihrem Umfang bekannt und konnten deshalb komplett modelliert, analysiert und optimiert werden. Planende Prozesse in produzierenden Unternehmen weisen demgegenüber eine deutlich höhere Komplexität, eine geringere Überschaubarkeit und damit auch eine geringere Planbarkeit auf (GAITANIDES U. A. 1994).

In den letzten Jahren wurden jedoch Methoden und Werkzeuge entwickelt, die es erlauben, die planenden Prozesse in den produzierenden Unternehmen zu

modellieren und hinsichtlich Zeit, Kosten und Qualität zu bewerten. Allen Ansätzen ist gemeinsam, daß Abläufe verbessert und Nahtstellen zwischen Abläufen optimiert werden. Um dies zu erreichen sollen nach MERTINS & JOCHEM (1998) durch Einbeziehung von externen Experten stabile Standardprozesse in allen Abteilungen installiert werden.

Unterscheidung von Geschäftsprozessen

SCHUH U. A. (1996) unterscheiden im planerischen Bereich direkte und indirekte Prozeßelemente in produzierenden Unternehmen (Bild 3-10).

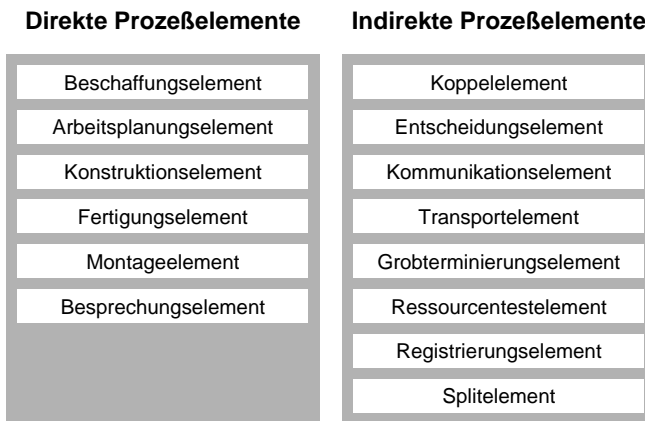


Bild 3-10: Direkte und indirekte Prozeßelemente (SCHUH U. A. 1996)

Erstere beschreiben Prozesse, die unmittelbar zur Wertschöpfung eines Auftrags beitragen, wie beispielsweise die Zeichnungserstellung, die Teilefertigung oder die Montage einer Baugruppe. Die indirekten Prozeßelemente hingegen werden für die Beschreibung von Geschäftsprozessen wie Kommunikation, Transport oder Auftragsterminierung herangezogen, die zur Auftragsbearbeitung notwendig sind, aber nur mittelbar zur Wertschöpfung beitragen.

Untersuchungen von EVERSHEIM (1996) in verschiedenen Unternehmen haben gezeigt, daß etwa 80 bis 95% aller Tätigkeiten indirekte Tätigkeiten sind. Ver-

fügbare Prozeßbeschreibungssprachen unterstützen deshalb auch eine spezifische Betrachtung dieser Bereiche.

3.3.2 Methoden und Werkzeuge zum Geschäftsprozeßmanagement

Im folgenden werden einige typische Methoden und Werkzeuge zum Geschäftsprozeßmanagement vorgestellt. Es wurden sehr unterschiedliche Ansätze gewählt, um die Einsatzbreite des Geschäftsprozeßmanagements aufzuzeigen. Einer der "extremsten" Ansätze ist das von HAMMER & CHAMPY (1994) vorgestellte *Business Process Reengineering*, bei dem alle Geschäftsprozesse des Unternehmens in Frage gestellt werden. Das Unternehmen wird somit fundamental umstrukturiert und idealisiert auf einer "grünen Wiese" neu aufgebaut. Verbreiteter ist allerdings das evolutionäre Vorgehen, bei dem die Geschäftsprozesse laufend analysiert, bewertet und verbessert werden. Die im folgenden vorgestellten Ansätze sind dem evolutionären Vorgehen zuzuordnen.

3.3.2.1 Prozebelementmethode

MÜLLER (1993) stellt eine umfassende Methodik zur prozeßorientierten Reorganisation der technischen Auftragsabwicklung vor. Hierbei wurden *prozebelementbezogene* und *auftragsorientierte* Kenngrößen definiert, mit deren Hilfe eine kombinierte Prozeß- und Erfolgskontrolle des Auftragsabwicklungsprozesses möglich ist. Darüber hinaus wurde eine Berechnungsmethode entwickelt, die es erlaubt, die mittlere Auftragsdurchlaufzeit sowie die mittleren indirekten Gesamtauftragskosten auf Basis eines dynamischen Prozeßplans und der entsprechenden prozebelementbezogenen Kenngrößen zu ermitteln.

Diese Berechnungsmethode bildet zusammen mit den prozebelementbezogenen Kenngrößen, die in Bild 3-11 dargestellt sind, die Grundlage der Bewertung von Reorganisationsmaßnahmen. Der Bewertungsablauf vollzieht sich dabei in zwei Stufen. Im Rahmen der Grobplanungsstufe erfolgt die Abgrenzung separater Reorganisationssegmente, aus denen anhand der jeweiligen Reorganisationspotentiale das zu reorganisierende Prozeßsegment zu bestimmen ist. In der zweiten Planungsstufe sind dann die aus einer detaillierten Problemanalyse des ausgewählten Reorganisationssegments und der darauf aufbauenden Alternati-

vergengerung hervorgegangenen Reorganisationsmaßnahmen gegenüberzustellen.

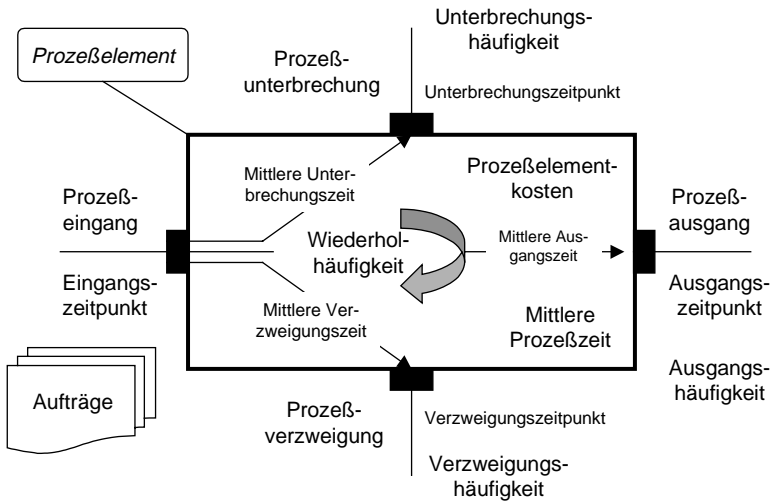


Bild 3-11: Prozeßelementbezogene Kenngrößen (MÜLLER 1993)

Die Methode ermöglicht es also, Reibungsverluste in der Auftragsabwicklung zu quantifizieren und Konsequenzen von Reorganisationsmaßnahmen zu beurteilen. Voraussetzung für den Einsatz der Methode sind Standardabläufe in der Auftragsabwicklung. Diese Standardabläufe stellen in virtuellen Fabriken allerdings die Ausnahme dar.

3.3.2.2 IEM-Methode

MERTINS & JOCHEM (1995) stellen die IEM-Methode⁷ (*IEM - Integrated Enterprise Modelling*) vor, in der objektorientiert Geschäftsprozesse, die dazuge-

⁷ wird auch als IUM-Methode (Integrierte Unternehmensmodellierung) bezeichnet

hörigen Organisationseinheiten und die erforderlichen Informationssysteme modelliert werden können. Das Ergebnis ist ein Modell für die Planung und Optimierung von Prozessen und der Organisationsstruktur in Unternehmen. Modelle, die mit der IEM-Methode erstellt wurden, geben einen transparenten Überblick über die Projektplanung und sind eine Diskussionsgrundlage für die Projektbeteiligten. IEM-Modelle können dazu genutzt werden, exakte Planungsziele, wie die Verbesserung in Zeit, Kosten und Qualität, zuzuweisen und dadurch die Prozeßorganisation zu verbessern.

Basis der Methode ist das sogenannte *generische Aktivitätenmodell*. Hierbei sind der Start- und Endzustand mit einer Aktion verbunden. Die Durchführung der Aktivität wird durch einen Auftrag gesteuert. Weiterhin ist eine Ressource zugeordnet, welche für die Durchführung der Funktion verantwortlich ist. Die Methode wird durch das Softwarewerkzeug MO²GO unterstützt.

Die Methode konzentriert sich auf Standardprozesse in Projekten. Da sie keine Verknüpfung zu strukturierten Produktdaten aufweist, kann sie den unternehmensübergreifenden Informationsfluß in neuartigen Prozessen nicht transparent darstellen. Außerdem ist die Methode nicht für die dezentrale Modellierung durch die Projektmitarbeiter sondern für eine zentrale Modellierung durch ein Expertenteam ausgelegt, was den effizienten Einsatz der Methode in virtuellen Fabriken verhindert.

3.3.2.3 Kooperative Gestaltung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse

HIRSCHMANN (1998) hat eine Methode zur kooperativen Gestaltung *unternehmensübergreifender* Geschäftsprozesse entwickelt. Ein Phasenmodell der Prozeßgestaltung bildet die Grundlage des Ansatzes. Für die einzelnen Gestaltungsphasen wurden betriebswirtschaftliche Methoden ausgearbeitet und darauf aufbauend eine DV-technische Unterstützung konzipiert.

Im vorgestellten Ansatz werden Prozessen Kosten und Erlöse als monetäre Meßgrößen zugrunde gelegt. Anhand dieser Meßgrößen lassen sich Prozesse und Gestaltungsalternativen bewerten, untereinander vergleichen und deren wirtschaftlichen Konsequenzen aufzeigen (Bild 3-12). Die Maßgrößen werden

auch für die periodische Überwachung und Kontrolle realisierter Prozesse eingesetzt.

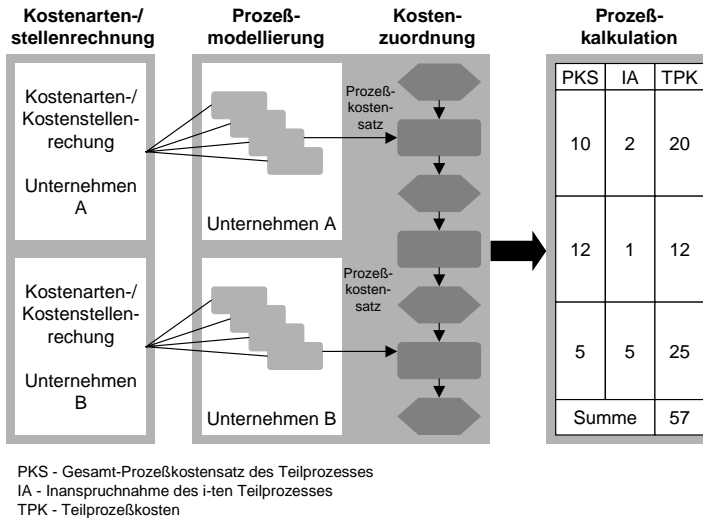


Bild 3-12: Prozesskostenbewertung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse (nach HIRSCHMANN 1998)

Zur Umsetzung der DV-technischen Unterstützung wurde das Multi-Agenten-System *PRINCESS* prototypisch entwickelt, dessen Komponenten die einzelnen Partner einer Kooperation bei der Prozessgestaltung repräsentieren. Die Agenten gestalten kooperativ einen unternehmensübergreifenden Geschäftsprozess und unterbreiten ihren Vorschlag den verantwortlichen Mitarbeitern bzw. den Process Ownern in den jeweiligen Unternehmen.

In dem vorgestellten Ansatz werden die Prozessmitarbeiter nicht direkt in die Gestaltung der unternehmensübergreifenden Geschäftsprozesse einbezogen. HIRSCHMANN weist aber darauf hin, daß ein solcher Ansatz dazu führen kann, daß sich eine Kooperation aus sich heraus selbst gestalten könnte, ohne daß es einer ausdrücklichen Entscheidung als Auslöser von Gestaltungshandlungen

bedarf. Weiterhin bezieht sich der Ansatz auf Standardabläufe. Verknüpfungen mit Produktdaten werden ebenfalls nicht diskutiert. Der Ansatz eignet sich somit sehr gut zur Optimierung unternehmensübergreifender Standardprozesse, er ist allerdings nicht für die Dynamik von virtuellen Fabriken ausgelegt.

3.3.2.4 Integration von Prozeß- und Produktmodell

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts GIPP (*Geschäftsprozeßgestaltung mit integrierten Prozeß- und Produktmodellen*) stand die Integration von Prozeß- mit Produktmodellen im Mittelpunkt der Betrachtung. Es wurden Prozeßtypisierungen, Referenzmodelle sowie Personal- und Organisationsaspekte im Geschäftsprozeßmanagement erarbeitet (HOFER-ALFEIS U. A. 1999). Die theoretischen Grundlagen wurden anschließend in mehreren Praxisbeispielen umgesetzt. Zwei Beispiele aus dem Forschungsprojekt, die den Anforderungen von virtuellen Fabriken am ehesten entsprechen, werden im folgenden vorgestellt.

Der Produktentwicklungsprozeß in der Automobilindustrie

MURR (1999) beschreibt eine Methode zur Gestaltung von komplexen Digital Mock-Up (DMU) Entwicklungsprozessen im Seriengeschäft. Hierbei wurden für eine modellgestützte Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen als wesentliche Objekte der Entwicklungsprozeß selbst, das Bauteil, der Produktionsprozeß sowie die Produktionsmittel definiert. Um das Informationswachstum dieser Objekte abzubilden, werden sogenannte *kontinuierliche Indikatoren* eingeführt, die den aktuellen Fortschritt des jeweiligen Objektes repräsentieren. Als kontinuierliche Merkmale für das Produkt wurden beispielsweise ein Reifegrad, eine Struktur oder die CAD-Datenqualität definiert. Analog sind kontinuierliche Indikatoren für den Produktionsprozeß und das Produktionsmittel abgebildet.

Jeder einzelnen Entwicklungsaktivität, sei es im Bereich der Produktentwicklung oder Prozeßplanung, können im nächsten Schritt die benötigten Produkt-, Produktionsprozeß- und Produktionsmitteldaten als Eingangs- bzw. Ausgangsinformationen zugeordnet werden (vgl. Bild 3-13). Weitere relevante Informationen, wie etwa die benötigten Ressourcen, CA-Methoden, -Werkzeuge oder -Systeme, die für die softwaregestützte Produkt- und Prozeßentwicklung benö-

tigt werden, können ebenfalls zugewiesen werden. Auf Basis der *generischen Entwicklungsprozeßbausteine* kann eine vollständige Definition eines vernetzten Entwicklungsprozesses durchgeführt werden.

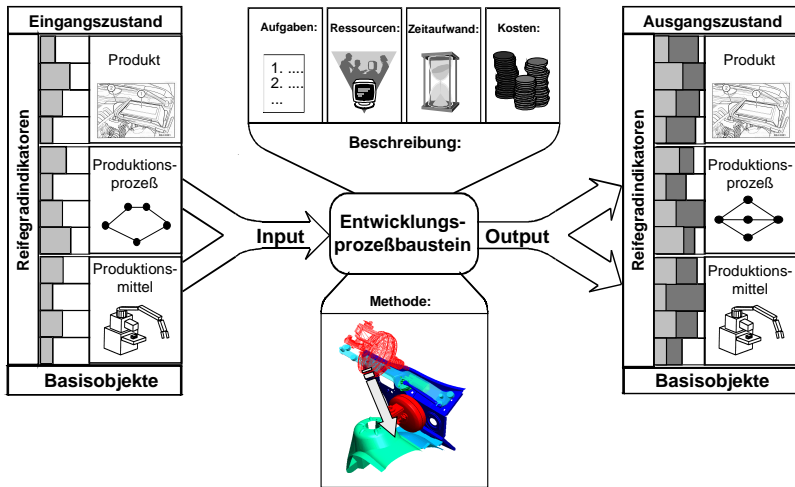


Bild 3-13: Generischer Entwicklungsbaustein (MURR 1999)

Die Methode wurde speziell für den Einsatz in komplexen DMU-Entwicklungsprozessen für Serienprodukte konzipiert. Sie ist deshalb für den Einsatz in virtuellen Fabriken, in denen ständig neue kurzfristige Kooperationen auf- und abgebaut werden, zu komplex und muß außerdem mit hohem Aufwand für einen speziellen Anwendungsfall vorkonfiguriert werden. Dadurch geht die in virtuellen Fabriken benötigte Flexibilität verloren. Die Integration von geographisch verteilten Produktmodellen in unterschiedlichen Unternehmen wird in dem Ansatz ebenfalls nicht berücksichtigt.

Produktentwicklung im Anlagenbau

Als zweites Beispiel des GIPP-Projekts wird die Produktentwicklung im Anlagenbau vorgestellt. Das Anlagengeschäft ist geprägt durch eine sehr kundenspezifische Leistungserstellung mit hoher Komplexität. Viele Personen aus un-

terschiedlichen Fachbereichen erarbeiten mit einer Vielzahl von Werkzeugen sehr komplexe Lösungen. Bei einer Analyse von Auftragsabwicklungen wurde im Rahmen des GIPP-Projekts festgestellt, daß Datenredundanz, mangelnde Datenaktualität und mangelnde Transparenz über die Datenzusammenhänge zu ständigem Überschreiten von Kosten und Terminen führen (KAMM 1999, S. 263).

Das von KAMM (1999) vorgestellte Konzept basiert auf einer *Prozeßbausteinbibliothek*, in der die einzelnen Teilprozesse hinterlegt sind. Hierbei wurden Referenzbausteine erarbeitet, die in produktspezifische und produktneutrale Prozesse sowie Standardprozesse unterschieden werden. Die Referenzbausteine können gesamte Prozeßketten in der Anlagenabwicklung beschreiben.

Das entwickelte Referenzmodell besteht aus drei Hierarchiestufen (Hauptprozeßketten, Teilprozeßketten und Prozeßkettenbausteine). In den Hauptprozeßketten wird der Prozeßablauf grob dargestellt. Auf der zweiten Stufe, den Teilprozeßketten, werden Teilprozesse detaillierter dargestellt. Die Prozeßkettenbausteine auf der dritten Ebene werden in produktabhängige und prozeßabhängige Bausteine aufgeteilt. Diese Bausteine stellen Varianten dar, die je nach Anwendungsfall ausgewählt werden können.

Die Methodik verknüpft zwar Prozeßdaten mit Produktdaten, berücksichtigt allerdings nicht die dynamische Bildung von virtuellen Fabriken auf der Basis von Unternehmensnetzwerken. Um die Methodik dort anzuwenden, müßten für alle am Netzwerk beteiligten Unternehmen entsprechende Referenzbausteine entwickelt, abgestimmt und bei Bedarf verknüpft werden. Das würde einen zu großen Aufwand bedeuten, und bei jeder Erweiterung des Unternehmensnetzwerks zu Anpassungen und Erweiterungen der Bausteine führen. Virtuelle Fabriken erfordern eine deutlich höhere Flexibilität, als dies der vorgestellte Ansatz ermöglicht. Weiterhin berücksichtigt der Ansatz nicht, daß in virtuellen Fabriken die Produktdaten auf mehrere Unternehmen mit unterschiedlichen Organisationen und I&K-Technologien verteilt sind.

3.3.2.5 Geschäftsprozeßoptimierung unter emotionalen Aspekten

KAESLER (1997) betont bei seinem Ansatz zur Geschäftsprozeßoptimierung die Bedeutung der emotionalen Bedürfnisse der Mitarbeiter. Er hat ein Vorge-

hensmodell entwickelt, das neben rationalen auch emotionalen Herausforderungen gerecht wird. Das Modell basiert auf der Erfahrung, daß die Einsicht für die Notwendigkeit von Verbesserungen vielfach nicht gegeben ist, da Probleme nicht in der eigenen Leistungserstellung, sondern vielmehr in der Fehlleistung vor- und nachgelagerter Bereiche gesucht werden. Einen Schritt in dem Vorgehensmodell stellt die Durchführung von moderierten Workshops dar, was auch in einem Pilotprojekt durchgeführt wurde. Darin visualisierte ein Team bereichsübergreifende Prozeßketten, die als gemeinsame Sprachbasis dienten. Es wurde besonders deutlich, welche erheblichen Kommunikationsdefizite zwischen den Abteilungen bestanden und mit welchen Vorurteilen die Leistungen der einzelnen Abteilungen bewertet wurden.

Um die Geschäftsprozesse zu optimieren, wurden Teams gebildet, in denen die direkt Betroffenen in die Lage versetzt wurden, eigene Erfahrungen zu sammeln und Anknüpfungspunkte zu schaffen. Dieses Prinzip der Partizipation ist darauf ausgerichtet, die Prozeßbearbeiter in den Entscheidungsprozeß zu integrieren und das eigenverantwortliche Handeln zu fördern.

Das von KAESELER entwickelte Vorgehen ist eines der wenigen, bei denen die Verantwortung über die Prozeßgestaltung und Entscheidungsfindung direkt bei den Mitarbeitern angesiedelt ist. Da in virtuellen Fabriken die Mitarbeiter eine tragende Säule darstellen, sollen die Erfahrungen von KAESELER bei der Entwicklung des Konzepts berücksichtigt werden.

3.3.2.6 Workflowmanagement

In engem Zusammenhang mit der Geschäftsprozeßmodellierung und -optimierung steht das *Workflowmanagement*. Die WfMC (Workflow Management Coalition) definiert Workflow und Workflowmanagement-System folgendermaßen (VERSTEEGEN 1995):

"Ein Workflow ist eine computergestützte Vereinfachung oder Automatisierung eines gesamten Geschäftsprozesses oder eines Teils davon. Ein Workflowmanagement-System ist ein System, das vollständige Workflow-Prozesse definiert, managt und ausführt."

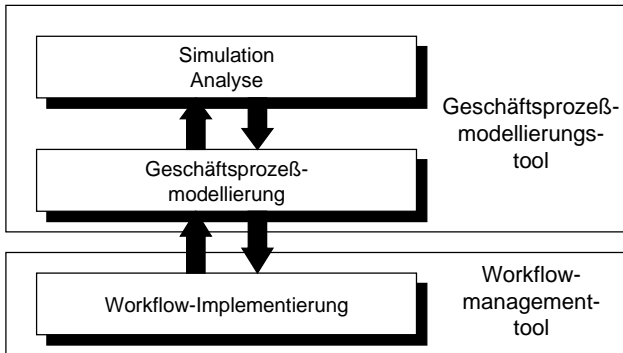


Bild 3-14: Zusammenspiel zwischen Workflow und Geschäftsprozessoptimierung (in Anlehnung an LINDO 1996)

Durch eine optimierte Steuerung von Arbeitsvorgängen sollen Durchlaufzeiten reduziert, Medienbrüche verringert sowie die Ausführungsqualität und die Vorgangstransparenz verbessert werden (LINDO 1996). Sinnvollerweise werden Werkzeuge zur Geschäftsprozessoptimierung gemeinsam mit Workflowmanagement-Werkzeugen eingesetzt, um das Potential voll auszuschöpfen (Bild 3-14).

Workflowmanagement ist die konsequente Fortführung der Idee der Geschäftsprozessmodellierung und -optimierung. Die vorteilhaften Aspekte dieses Ansatzes müssen auch in einem effizienten Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken umgesetzt werden. Heute wird das Workflowmanagement allerdings fast ausschließlich in Standardprozessen mit hoher Wiederholhäufigkeit eingesetzt.

3.3.3 Zusammenfassende Bewertung

Das Geschäftsprozessmanagement basiert auf der Idee der Prozeßorientierung, also in der Strukturierung der betrieblichen Abläufe nach dem Flußprinzip. Die Basiskomponente des Geschäftsprozessmanagements ist nach GAITANIDES U. A. (1994) das Geschäftsprozessmodul mit den Bestandteilen Input/Output, Bearbeitung, Leistungsvereinbarung und Leistungsindikatoren.

Die Methode des Prozeßmanagements wird mittlerweile bei mehreren Ansätzen eingesetzt. Ein Einsatzbereich ist die prozeßorientierte Reorganisation der technischen Auftragsabwicklung. Weiterhin wird das Grundprinzip in der integrierten Unternehmensmodellierung verwendet. Ein relativ neuer Ansatz schließt unternehmensübergreifende Prozesse in die Modellierung und Bewertung mit ein. Mit Hilfe dieser Ansätze werden, in der Regel durch Einbeziehung von externen Experten, stabile Standardprozesse im Unternehmen oder zwischen festen Unternehmenskooperationen installiert. Der Vorteil der Ansätze liegt darin, daß Abläufe optimiert und Informationsflüsse gezielt gesteuert werden können. Für den Einsatz in virtuellen Fabriken weisen diese Ansätze allerdings folgende Defizite auf:

- Dynamische Projektabwicklungen können nicht mit Standard-Prozessen abgebildet werden.
- Aufwendige Modellierungen und Optimierungen durch Expertenteams sind aufgrund der Einmaligkeit von Projekten nicht sinnvoll.

Die vorgestellten Forschungsergebnisse aus dem GIPP-Projekt stellen zwar eine wesentliche Erweiterung des Stands der Technik dar, können die Intransparenz im Projekt und unternehmensübergreifenden Informationsfluß allerdings nicht beseitigen. Mangelnde Flexibilität in der Prozeßgestaltung und die ungenügende Berücksichtigung der verteilten Produktdatenhaltung in immer wieder neuen Unternehmenskonstellationen verhindern einen effizienten Einsatz der entwickelten Methoden in virtuellen Fabriken.

Die Bedeutung von emotionalen Aspekten wurde von KAESELER erkannt, der bei seinem Ansatz die Verantwortung über Gestaltung und Optimierung der Prozesse den Mitarbeitern übergibt. Die Ergebnisse seiner Arbeiten sind bei der Entwicklung des Konzepts zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken zu berücksichtigen, da die Mitarbeiter eine tragende Säule in virtuellen Fabriken darstellen.

Als Fazit kann zusammengefaßt werden, daß die verfügbaren Methoden und Werkzeuge für den Einsatz in dynamischen Unternehmenskooperationen nicht ausreichend flexibel sind und die Integration der auf mehrere Unternehmen verteilten Produktdaten nicht unterstützen.

3.4 Produktdatenmanagement

Neben dem Projektmanagement und dem Geschäftsprozeßmanagement bietet das Produktdatenmanagement (PDM) Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung von Projektabwicklungen (GROSSMANN 1997, BERK 1996). In diesem Abschnitt werden die Grundlagen des Produktdatenmanagements beschrieben. Anschließend werden kommerzielle Produktdatenmanagementsysteme (PDM-Systeme) sowie Ansätze aus der Forschung vorgestellt. Möglichkeiten der Datenübertragung mit Datenaustauschwerkzeugen runden den Stand der Technik ab. Inwieweit die Ansätze auf virtuelle Fabriken übertragbar sind und wo die Grenzen der Ansätze liegen, wird abschließend diskutiert.

3.4.1 Begriffsdefinition und Entwicklung

Ein Produkt ist ein technisches Erzeugnis, das konstruiert und hergestellt wird. Verfolgt man den Lebenslauf eines Produkts von der ersten Produktidee bis zur Entsorgung oder Verwertung, dann lassen sich die in Bild 3-15 dargestellten aufeinanderfolgenden Phasen unterscheiden.

Die im Produktlebenszyklus anfallenden Daten werden in einer Reihe von Dokumenten oder auch in Datenbanken gespeichert. Diese Dokumente werden im allgemeinen mit Rechnerunterstützung erstellt und weiterverarbeitet.

Je größer der Datenbestand wird, desto schwieriger ist es, die Informationen zu steuern und zu verwalten. Dazu kommen Normen und Gesetze, die den produktbezogenen Informationsbestand zum Bestandteil von Produkthaftungsregeln (EG-Richtlinie 85/374) und Qualitätsmanagement (ISO 9000 und ISO 10007) machen (EIGNER 1996).

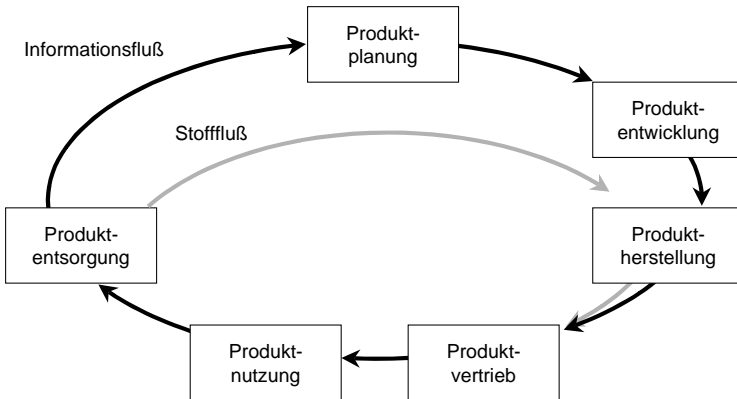


Bild 3-15: Lebensphasen eines Produkts (KAISER 1997)

Produktdatenmanagement soll genau diese Probleme lösen. Systeme zum Produktdatenmanagement werden seit ca. zehn Jahren angeboten. Bis heute ist dieser Markt durch eine große Begriffsvielfalt gekennzeichnet. Neben dem Begriff "PDM – Produktdatenmanagement" werden auch "EDM – Engineering Data Management" und "Technisches Informationssystem" verwendet⁸. Alle diese Termini zielen auf denselben Sachverhalt ab: Die Verwaltung von produktdefinierenden Daten (Produktdaten- und Dokumentenmanagement) in Verbindung mit der Abbildung technisch-organisatorischer Geschäftsprozesse (Prozeßmanagement) im produzierenden Industriebereich. EIGNER (1996) definiert das Produktdaten- und Dokumentenmanagement folgendermaßen:

"Unter Produktdaten- und Dokumentenmanagement wird schwerpunktmäßig die Zuordnung von beliebigen Dokumenten (z. B. CAD-Zeichnungen, 3D-Modelle, Text-Dokumente) zu Produktstamm- und -strukturdaten verstanden. Die Verwaltung der Freigabe- und Änderungszustände sowie das Konfigurationsmanagement gehören ebenso zu den Standardfunktionen."

⁸ Im Rahmen der Arbeit wird der Begriff PDM verwendet. Damit werden die betrachteten Datenbereiche komplett abgedeckt.

3.4.2 Methoden und Werkzeuge zum Produktdatenmanagement

Der Lösungsansatz des Produktdatenmanagements besteht im wesentlichen in der strukturierten Verwaltung aller Produktdaten. Die zu verwaltenden Informationen werden in einem logisch zentralen und überwachten Datenbereich, einem sogenannten *Datenvault*⁹, gespeichert. Informationen werden unterteilt in Dokumente (z. B. CAD-Modell) und in sogenannte Metadaten (z. B. Teileklassifikation). Letztere enthalten zusätzliche beschreibende Informationen über Produkte oder Dokumente in Form von Attributen (MILLER U. A. 1994).

Aufbauend auf dem zentralen Lösungsansatz ergeben sich für PDM-Systeme folgende, voneinander abhängige Funktionsbereiche, die im folgenden vorgestellt werden:

- Produktdaten- und Dokumentenmanagement
- Prozeßmanagement (Workflow- und Projektmanagement)
- Dienstprogramme
- Schnittstellen zu Applikationen

Zusätzlich zu den PDM-Systemen existieren weitere Ansätze, die sich mit dem Produktdatenmanagement befassen. In Rahmen des Stands der Technik wird von diesen Ansätzen das *Integrierte Produktmodell* und ein darauf aufbauender Forschungsansatz zur Unterstützung von kooperativen Organisationsstrukturen beschrieben. Weiterhin wird der unternehmensübergreifende Datenaustausch erläutert.

3.4.2.1 Produktdaten- und Dokumentenverwaltung

Eine effiziente Informationsverwaltung setzt eine angepaßte Teileklassifizierung und -identifizierung voraus. Vor der Einführung eines PDM-Systems sind deshalb diese Punkte softwarekonform für das Unternehmen zu entwerfen (ANDREWS 1996). Hierbei sind sowohl die Produktdaten als auch die zugehöri-

⁹ *Datenvault* bedeutet übersetzt *Datenspeicher* und soll den geschützten Datenbereich verdeutlichen.

gen Dokumente zu berücksichtigen. Aufbauend hierauf verwaltet das Produktstrukturmanagement die Beziehungen zwischen Einzelteilen, Baugruppen, Artikeln und beliebigen Dokumenten. Zusatzfunktionen ermöglichen die Ableitung von unterschiedlichen Stücklistenarten (KELCH 1998).

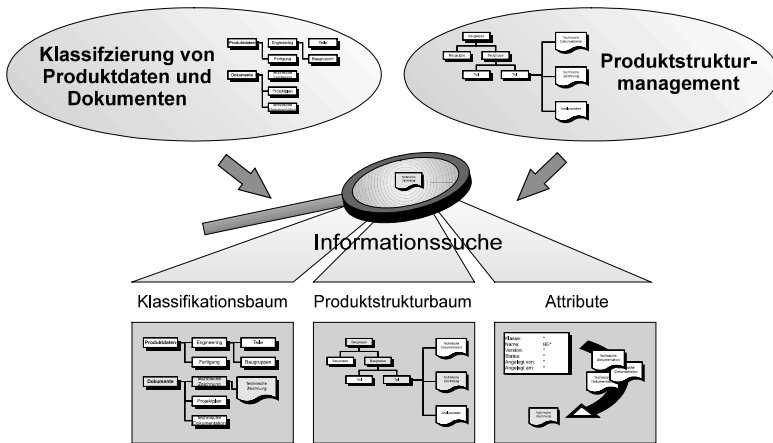


Bild 3-16: Produktstruktur- und Dokumentenverwaltung (BRANDNER 1998B)

Sowohl die Klassifizierung und Identifizierung als auch das Produktstrukturmanagement stellen die Grundlage für eine strukturierte Datenablage und damit auch für effiziente Suchfunktionen dar (Bild 3-16). Auf die Daten in der zentralen Datenbasis kann über den sogenannten Klassifikationsbaum, über den Produktstrukturbaum oder über die beschreibenden Attribute (Metadaten) zugegriffen werden (EIGNER U. A. 1991).

Der Zugriff kann hierbei über die Standardbenutzeroberfläche oder über ein Web-Frontend¹⁰ erfolgen. Die rasanten Entwicklungen bei den Internet-

¹⁰ Web-Frontends ermöglichen den Zugriff auf den Datenvault des PDM-Systems über Internet-Browser.

Technologien lassen darauf schließen, daß in naher Zukunft alle PDM-Funktionen über Web-Frontends ausgeführt werden können (MENDEL 1997, SANTELL 1996, BAUNACH 1996).

3.4.2.2 Prozeßmanagement mit PDM-Systemen

Zu den in PDM-Systemen realisierten Elementen des Prozeßmanagements zählen das Versions- und Konfigurationsmanagement, das Workflowmanagement und das Projektmanagement.

Mit dem Versionsmanagement werden alle freigegebenen Versionen von Produkten, Baugruppen, Bauteilen oder Dokumenten in dem zentralen Datenvault gespeichert. Somit bleiben die alten Versionen verfügbar und der Konstruktionsprozeß nachvollziehbar. Um die Konfiguration eines Produkts von einem früheren Zeitpunkt bestimmen zu können, muß das System wissen, welche Versionen der einzelnen Teile oder Baugruppen und welche Strukturen zu dem entsprechenden Zeitpunkt Gültigkeit besaßen. Diese Funktionalität wird als Konfigurationsmanagement¹¹ bezeichnet (EIGNER & HAESNER 1998).

Eine weitere Funktion des Prozeßmanagements ist das Workflowmanagement. Workflowmanagement ist die elektronische Verarbeitung von Geschäftsprozessen (siehe auch Abschnitt 3.3.2.6). In PDM-Systemen wird diese Funktion vor allem für das Freigabe- und Änderungswesen eingesetzt (PÖRTNER 1998). Moderne PDM-Systeme können die Aufgaben auch per E-Mail an die Mitarbeiter versenden.

Das Projektmanagement in PDM-Systemen beinhaltet die Verwaltung von Projektdokumenten und der am Projekt beteiligten Personen (Projektteams). Die typischen Projektmanagementfunktionen, wie beispielsweise

- Balkenplantechnik und Netzplantechnik,
- Kapazitätsplanung und -überwachung sowie
- Ressourcenmanagement

¹¹ im englischen als *Configuration Management* bekannt

werden aber auch oft in eigenständigen Projektmanagementprogrammen und nicht im PDM-System durchgeführt (FURRER 1998).

3.4.2.3 Dienstprogramme in PDM-Systemen

Zusätzlich zu den bereits beschriebenen Funktionalitäten besitzen PDM-Systeme eine Reihe von Dienstprogrammen, die in Bild 3-17 aufgeführt sind.

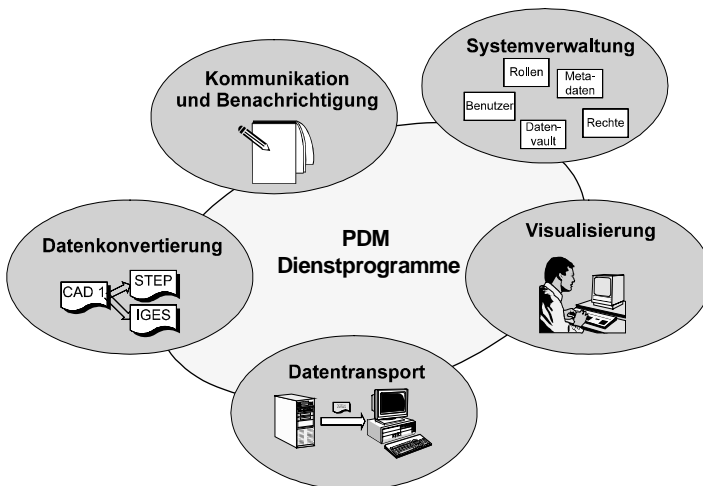


Bild 3-17: PDM-Dienstprogramme (BRANDNER 1996)

Über das interne Kommunikationssystem oder das Internet werden Mitarbeiter automatisch über Vorgänge benachrichtigt, die sie betreffen, beispielsweise über Änderungen an Bauteilen oder Aufgaben.

Der Austausch von Dateien zwischen CA-Systemen¹² ist ein zentraler Punkt beim Einsatz von PDM-Systemen. Hierfür können in das PDM-System Datei-

¹² CA-System – Computer Aided System: Systeme zur computergestützten Arbeit

en-Konverter eingebunden werden, die manuell oder durch automatische Prozesse aufgerufen werden und die Input-Datei in das gewünschte Output-Format übersetzen (BAUHOFFER & KNECHTEL 1997).

Durch den Einsatz von PDM-Systemen muß der Benutzer nicht mehr wissen, wo sich die Daten befinden. Falls er Daten bearbeiten möchte, benutzt er die zur Verfügung gestellten Suchmöglichkeiten, und das PDM-System kopiert die entsprechenden Dateien in sein Arbeitsverzeichnis (MILLER U. A. 1994). Der Benutzer muß sich somit nicht mehr um den Datentransport kümmern.

Die Visualisierungsfunktion bietet Möglichkeiten zur Anzeige von Raster- und Vektorgraphiken. Sie ermöglicht die Anzeige von Produktdaten auch an Rechnern, die keinen Zugriff auf die Applikation haben, mit der die Daten erzeugt wurden (NIKOL 1998).

Die PDM-Systemverwaltung hat zusätzlich zu den allgemeinen Systemmanagement-Funktionen die Funktionen "Definition und Anpassung von Metadaten", "Verwaltung von Zugriffsrechten der Benutzer", "Organisation der Datenverteilung" und "Archivierung" zu erfüllen.

3.4.2.4 Schnittstellen von PDM-Systemen zu Applikationen

PDM-Systeme stellen die zentrale Drehscheibe des Informationsmanagements im Unternehmen dar. Sie verwalten alle Daten und Dokumente, die zu Projekten oder Produkten gehören. Am häufigsten stammen die im Entwicklungsprozeß entstehenden Daten von CAD-Systemen und Office-Anwendungen¹³. Da PDM-Systeme auch Stammdaten und Produktstrukturen verwalten, ist eine Anbindung an PPS-Systeme¹⁴ ebenfalls sinnvoll (LOZINSKI & SCHMIDT 1998).

Die Schnittstellen zu Applikationen sorgen dafür, daß die Daten einfach und fehlerfrei von den Anwendungssystemen übernommen und wieder zurückgespielt werden können. Dadurch stehen die Informationen auch rechtzeitig den

¹³ typische Office-Anwendungen sind Textverarbeitungen, Tabellenkalkulationen, einfache Datenbanksysteme und auch Projektmanagementsysteme

¹⁴ PPS-System – Produktionsplanungs- und Steuerungssystem

anderen Projektbeteiligten zur Verfügung. Die Schnittstelle zum PPS-System dient der automatischen Übergabe der Konstruktionsdaten in die Fertigung. Weiterhin kann auf Seiten des PPS-Systems eine Anbindung realisiert werden, die die Anzeige von Zeichnungen im PPS-System ermöglicht (SCHITTKO 1997).

3.4.2.5 Integriertes Produktmodell

Der Produktlebenszyklus umfaßt nicht nur die Produktentstehung, das heißt die Bereiche Entwicklung und Herstellung, sondern schließt auch Funktionen wie Vertrieb, Nutzung und Entsorgung eines Produkts ein (vgl. Abschnitt 3.4.1). Produktdaten beschreiben alle Eigenschaften eines Produkts und enthalten auch die zu dessen Herstellung notwendigen Informationen. Da es sich bei diesen Daten um eine virtuelle Beschreibung des Produkts handelt, wird die Gesamtheit dieser Daten als *Produktmodell* bezeichnet (KAISER 1997).

Ein *integriertes Produktmodell* faßt Produktdaten in einem einheitlichen Datenmodell zusammen und entsteht durch die Integration anwendungsspezifischer Produktmodelle auf Schemaebene. Ein *Schema* bezeichnet die Gesamtheit eines abgeschlossenen Datenmodells. Es stellt gewissermaßen den Bauplan des Datenmodells dar und wird durch die in ihm festgelegten Elemente und Beziehungen charakterisiert. Ein Schema ist eine präzise Notation mit einer Semantik, die erklärt, wie ein bestimmtes Datenmodell mit der korrespondierenden Situation der realen Welt übereinstimmt. Wird ein Schema als Ausschnitt aus der Gesamtheit eines Datenmodells im Hinblick auf eine bestimmte Anwendung definiert, so wird dieses auch als *Sicht* oder *externes Schema* bezeichnet (GRABOWSKI U. A. 1993).

3.4.2.6 EDM-System zur Unterstützung von teamorientierten Organisationsstrukturen

Aus dem Bereich der Forschung wurden von MARCIAL (1997) Partialmodelle eines objektorientierten EDM-Systems entwickelt und prototypisch implementiert. Das Konzept ist auf die Unterstützung teamorientierter Organisationsformen in Entwicklung & Konstruktion ausgerichtet. Die wesentlichen Informati-

onsobjekte sind Produkte, Dokumente und Methoden. Hierfür wurden die erforderlichen Partialmodelle entwickelt. Internationale Standardisierungen wie beispielsweise die Produktdatennorm STEP¹⁵ fanden dabei Berücksichtigung. Es wurde auch ein Partialmodell "Geschäftsprozeß" entwickelt, das auf Basis von sogenannten *Loops* Standardprozesse abbildet.

Der Ansatz berücksichtigt ausschließlich Standardabläufe, die mit dem Produktmodell verknüpft werden. Projektabläufe, die durch ihre Einmaligkeit und Neuartigkeit, ihre Dynamik sowie durch definierte Zeit-, Kosten- und Qualitätsvorgaben gekennzeichnet sind, werden nicht betrachtet. MARCIAL weist darauf hin, daß der von ihm entwickelte Ansatz um Elemente des Projektmanagements erweitert werden sollte.

3.4.2.7 Unternehmensübergreifender Produktdatenaustausch

In virtuellen Fabriken stellt neben einer effizienten Produktdatenverwaltung auch der unternehmensübergreifende Produktdatenaustausch einen wesentlichen Erfolgsfaktor dar. Basis hierfür sind Standardisierungen in der Datenbeschreibung, Methoden der Datenübertragung und spezielle Datenaustauschwerkzeuge.

Standardisierung von Produktdaten

Die bestehenden Defizite im Datenaustausch zwischen Systemen wurden von der internationalen Normungsorganisation ISO erkannt und führten zur Entwicklung der Normenreihe ISO 10303, die allgemein unter dem Synonym STEP bekannt ist. Das Ziel von STEP ist:

"An unambiguous representation of computer interpretable product information throughout the life of a product."

STEP ist als Serie von ISO 10303-Standards erschienen, die neben den eigentlichen Modellen zur Beschreibung von Produktdaten auch Beschreibungsmethoden (*Description Methods*), Implementierungsmethoden (*Implementation Methods*) und Methoden zum Konformitätstest (*Conformance Testing Method-*

¹⁵ STEP – Standard for the Exchange of Product Model Data

ology and Framework) enthält. STEP kann als ein Baukasten aufgefaßt werden, mit dem anwendungsspezifische Produktdatenmodelle (*Application Protocols*) unter Verwendung von Grundbausteinen (*Integrated Resources*) nach definierten Regeln und genormten Methoden beschrieben werden (GRABOWSKI U. A. 1993).

Für den Bereich des Austauschs von PDM-Daten besitzt das Anwendungsdatenmodell ISO 10303-214 (*Core Data for Automotive Mechanical Design Processes*) eine große Bedeutung. Hierin wurde unter Beteiligung namhafter Automobilhersteller und ausgewählter Zulieferanten weltweit die Beschreibung von Produkt- und Betriebsmitteldaten in der Produktentstehung festgelegt. Mit diesem Umfang werden die rein auf CAD-Daten ausgerichteten Austauschprotokolle IGES¹⁶, VDA-FS¹⁷ oder DXF¹⁸ bei weitem übertroffen (TRIPPNER & ENDRES 1998).

Methoden der Datenübertragung

Daten können entweder mehrfach kopiert und durch die Benutzer unabhängig voneinander bearbeitet werden (*Data Exchange*), oder aber Benutzer greifen auf die gleichen Daten zu und teilen sich die Daten dadurch (*Data Sharing*). Beide Methoden werden im folgenden vorgestellt.

Zum *Data Exchange* existieren die Möglichkeiten

- Offline Übertragung über Diskette, CD, Magnetband usw. und
- Übertragung über Datenleitungen.

Bei der Nutzung von Datenleitungen können Daten auf Basis geeigneter Übertragungsprotokolle direkt von einem System in das andere übertragen werden. Mögliche Datenleitungen sind das Telefonnetz oder das Internet.

¹⁶ IGES – Initial Graphics Standard: Standard zur Beschreibung von 2D- und 3D-Geometriedaten.

¹⁷ VDA-FS – Verband der Automobilindustrie – Flächenschnittstelle: Geometrieschnittstelle zum Austausch von vorwiegend Flächendaten.

¹⁸ DXF – Drawing Exchange Format: Standard zum Austausch von 2D-Geometriedaten.

Neben dem *Data Exchange* gewinnt das *Data Sharing* immer mehr an Bedeutung. Hierbei verbleiben die Daten an einem Ort und werden lediglich von mehreren Systemen gemeinsam genutzt (MAK 1998). Gibt ein Auftraggeber beispielsweise eine Bestellung über Data Sharing in das PPS-System eines Zulieferers ein, so wird diese Transaktion vom eigenen System nicht erfaßt. Der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Redundanzfreiheit und ständigen Aktualität der verfügbaren Daten, weshalb Data Sharing für Daten, die häufig geändert werden, eine bessere Eignung aufweist als das Data Exchange-Verfahren. Data Sharing wird nach LINDEMANN & KLEIN (1998) auch in Datentransferkonzepten verwendet, die mit gemeinsamen Datenbanken und WWW-Applikationen aufgebaut sind¹⁹.

Datenaustauschwerkzeuge

Zum Austausch von Daten zwischen Unternehmen mit verschiedenen CAD-, PDM- oder PPS-Systemen sind die wichtigsten Schritte:

1. Export der Daten aus dem System
2. Zusammenstellung der zu übertragenden Daten
3. Konvertierung der Daten in ein für den Empfänger geeignetes oder neutrales Format
4. Übertragung der Daten an den Empfänger

Jeder dieser Schritte setzt ein umfangreiches Spezialwissen voraus. Da nicht alle Anwender über dieses Wissen verfügen, ist es notwendig, die Aufgabe des Datenaustauschs in einem Unternehmen zu teilautomatisieren. Dadurch lassen sich die einmal eingebrachten Spezifika der Konverter, Dateiformate und benötigten Protokolle durch alle Mitarbeiter parallel nutzen. (BROCKHAUS & FUHRMEISTER 1998)

Diese Aufgabe wird von Datenaustauschwerkzeugen übernommen. Sie sind üblicherweise so aufgebaut, daß bei der Übertragung von Daten durch die Mitarbeiter eines Unternehmens nur der Empfänger und unbedingt erforderliche

¹⁹ Ein typisches Beispiel ist der E-Commerce über das Internet. Hier gibt der Besteller die Bestellung direkt in die Software des Internet-Kaufhauses ein.

Angaben gemacht werden müssen. Alle übrigen Funktionen werden zentral vorgegeben und laufen automatisch ab (LEBER 1998). Bild 3-18 zeigt das Prinzip von Datenaustauschwerkzeugen mit entsprechenden Werkzeugen. Datenaustauschwerkzeuge müssen aufwendig für jeden Kooperationspartner konfiguriert werden und lohnen sich deshalb nur für langfristige Kooperationen (HAGEN & BRANDNER 1998).

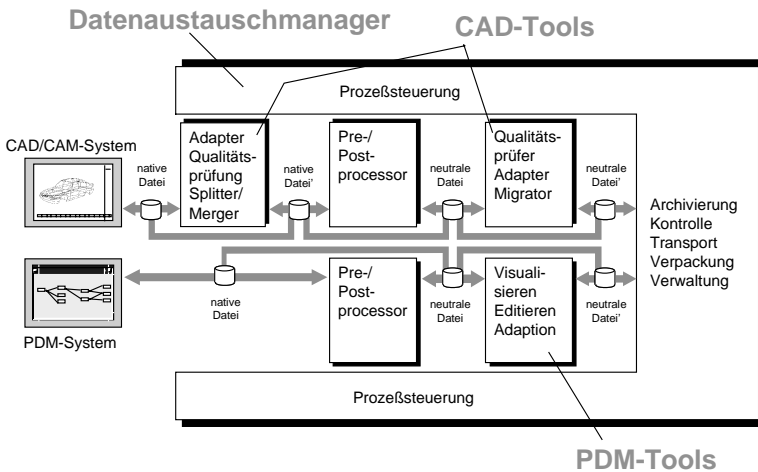


Bild 3-18: Datenaustausch bei PDM Systemen (Quelle PROSTEP)

3.4.3 Zusammenfassende Bewertung

PDM-Systeme stellen umfangreiche Funktionen für das Produktdatenmanagement und für bestimmte Anwendungen des Prozeßmanagements zur Verfügung. Unternehmensinternen Ansprüchen und langfristigen Kooperationen genügen die vorhandenen PDM-Systeme, Austauschformate und Datenaustauschwerkzeuge. PDM-Systeme ermöglichen externen Projektbeteiligten mittlerweile den Zugriff auf Produktdaten über Internet-Browser.

Für den Einsatz in virtuellen Fabriken sind allerdings Defizite erkennbar. So werden im Bereich des Prozeßmanagements ausschließlich Standardgeschäftsprozesse im Änderungs- und Freigabewesen unterstützt. Ad-hoc Prozesse, wie sie bei virtuellen Fabriken vorherrschen, werden nicht berücksichtigt. Der unternehmensübergreifende Informationsfluß bleibt damit intransparent. Weiterhin sind keine unternehmensübergreifend nutzbaren Projektmanagementfunktionen integriert, so daß keine Durchgängigkeit zwischen den Prozessen auf der operationalen und der taktischen Ebene gegeben ist.

3.5 Grenzen der Ansätze und Handlungsbedarf

Die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen den komplexen Charakter von Projektabwicklungen in virtuellen Fabriken unter dem Aspekt des Produktdaten- und Prozeßmanagements. Um den Handlungsbedarf aufzuzeigen und die Anforderungen an das Konzept zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken auszuarbeiten, wird im folgenden der Stand der Technik kurz zusammengefaßt.

Virtuelle Fabriken stellen eine neue Organisationsform dar, mit der vor allem kleinen und mittleren Unternehmen aus der Produktionstechnik neue Potentiale eröffnet werden. Virtuelle Fabriken haben die Herausforderung, daß sie in verteilten Umgebungen, trotz heterogener Organisations-, Software- und Datenstrukturen sowie der daraus resultierenden Schnittstellenprobleme, Projekte schnell und effizient in unterschiedlichen Unternehmenskonstellationen abwickeln müssen. Die heutige Projektabwicklung in virtuellen Fabriken ist allerdings durch hohe Reibungsverluste geprägt. Die Gründe hierfür sind

- mangelnde Übersicht über den Projektverlauf,
- mangelnde Transparenz über die im Gesamtprojekt fließenden Informationen,
- ineffiziente Verwaltung und aufwendiger Austausch von Produktdaten sowie
- frühes Einbringen des Know-hows der Projektmitarbeiter ist nur sehr schwer möglich.

In konventionellen Organisationsformen werden hauptsächlich Projektmanagementsysteme, Geschäftsprozeßmanagementsysteme und Produktdatenmanagementsysteme eingesetzt, um Projekte effizient abzuwickeln. Alle verfügbaren kommerziellen Lösungen sowie die vorgestellten Forschungsansätze können die beschriebenen Defizite für virtuelle Fabriken nicht beseitigen.

So sind beispielsweise *Projektmanagementsysteme* von ihrem Aufbau und ihrer Leistungsfähigkeit her im wesentlichen für einfach strukturierte und determinierbare Vorgänge geeignet. Die Dynamik der Prozesse in virtuellen Fabriken und die zur Lösung des Schnittstellenproblems notwendige Planung des Informationsflusses wird von diesen Systemen allerdings nicht unterstützt. In der Forschung sind zwar Lösungsansätze bekannt, die den Informationsfluß betrachten, allerdings sind die Ansätze vorwiegend für die unternehmensinterne Projektabwicklung konzipiert. Eine Verknüpfung der Prozeßdaten mit den Produktdaten in verteilten und heterogenen Organisationen wird ebenfalls nicht berücksichtigt.

Verfügbare Methoden zum *Geschäftsprozeßmanagement* unterstützen die operationale Ebene durch die Modellierung, Bewertung und Optimierung von Prozessen. Erweitert werden die bekannten Ansätze in letzter Zeit dahingehend, daß unternehmensübergreifende Schnittstellenprozesse in die Optimierung einbezogen werden. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen aber Standardabläufe und nicht die für virtuelle Fabriken typischen ad-hoc-Abläufe. Deshalb liegen auch keine Beschreibungsmethoden und Vorgehensweisen zur dezentralen, eigenverantwortlichen Prozeßmodellierung vor. Die Integration der Geschäftsprozesse mit den Produktdaten in einem heterogenen und verteilten Umfeld wird in den bekannten Ansätzen ebenfalls nicht unterstützt.

Im Bereich des *Produktdatenmanagements* können mit sogenannten Produktdatenmanagementsystemen die während des Produktlebenszyklus entstehenden Daten effizient verwaltet werden. Die Systeme bieten auch Funktionen an, um die Produktdaten durch die einzelnen Aktivitäten der Prozeßkette zu steuern. Allerdings werden hier nur Standardabläufe im Freigabe- und Änderungswesen unterstützt. Die dezentrale Planung von ad-hoc-Prozessen wird genauso wenig berücksichtigt wie die Planung von Projektphasen in Unternehmenskooperationen.

Ableitung des Handlungsbedarfs

Heute verfügbare Methoden und Werkzeuge sind für die Heterogenität und Dynamik von Projektabwicklungen in virtuellen Fabriken nicht geeignet. Um in der zukunftssträchtigen Organisationsform den Effizienzverlust, der durch die Verteilung von Prozessen auf mehrere Unternehmen entsteht, so gering wie möglich zu halten und dadurch den Gesamtnutzen zu erhöhen, sind neue Ansätze für die Projektplanung und -abwicklung notwendig. Hierbei ist die heute vorzufindende Funktionstrennung zwischen Projektmanagement, Geschäftsprozeßmanagement und Produktdatenmanagement aufzuheben und ein durchgängiges unternehmensübergreifendes Datenmodell für diese Funktionsbereiche zu installieren.

4 Anforderungen an das Produktdaten- und Prozeßmanagement

Auf Basis der bereits vorgestellten Eigenschaften von virtuellen Fabriken und der identifizierten Defizite bei Projektabwicklungen, werden in diesem Kapitel Anforderungen an ein Konzept zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement formuliert. Hierbei werden die Möglichkeiten und Grenzen der in Kapitel 3 diskutierten Methoden und Werkzeuge berücksichtigt.

Um die heute vorzufindenden Defizite (vgl. Abschnitt 2.5) zu beseitigen, müssen folgende Ziele verfolgt werden:

- Effiziente und übersichtliche unternehmensübergreifende Projektplanung, -abwicklung und -steuerung
- Transparenter Informationsfluß über die Unternehmensgrenzen hinweg
- Strukturierte Verwaltung und effizienter Austausch aller im Projekt auftretenden Produktdaten
- Detail-Know-how von Projektmitarbeitern muß in virtuelle Fabriken frühzeitig eingebracht werden können

Aus diesen Zielen werden im folgenden Anforderungen an das Prozeßmanagement, Produktdatenmanagement und die DV-technische Umsetzung abgeleitet. Einleitend wird der Einsatzbereich des Konzepts definiert.

4.1 Definition des Einsatzbereichs für das Konzept

Der Haupteinsatzbereich des zu entwickelnden Konzepts sind virtuelle Fabriken, die sich auftragsbezogen aus Basisnetzwerken, wie beispielsweise dem *Virtuellen Markt*, der *Virtuellen Fabrik Euregio Bodensee* oder dem *RP-Net.de* bilden²⁰. Das Konzept muß demnach nicht nur in einzelnen Unternehmen, son-

²⁰ vgl. hierzu die Praxisbeispiele in Abschnitt 2.4

dern vor allem in dynamischen Netzwerken effizient eingesetzt werden können. Typisch für den Einsatzbereich sind

- die geographische Verteilung der Projektmitarbeiter,
- heterogene Datenformate und I&K-Technologien sowie
- die regelmäßige Konfiguration neuer virtueller Fabriken.

4.2 Anforderungen an das Prozeßmanagement

Um die Prozesse über die Unternehmensgrenzen hinweg transparent planen zu können, sind auf der taktischen Ebene *alle Projektbeteiligten* in die Planung einzubeziehen. Sie müssen also *Zugriff* auf die Planungsdaten haben und ihre eigenen Planungsschritte in einen *gemeinsamen Projektplan* integrieren können. Es muß gewährleistet sein, daß der Projektplan *vollständig* und immer *aktuell* ist. *Projektfortschritte* und *Projektverzögerungen* sollen im Projektplan erkennbar sein. Unterschiedliche *Abstraktionsebenen*, auf denen die Projektplanung in der Regel stattfindet, müssen abgebildet werden können.

Auf der operationalen Ebene ist eine transparente Darstellung des unternehmensübergreifenden *Informationsflusses* notwendig. Informationsflüsse müssen dezentral von den Projektmitarbeitern so geplant werden können, daß die jeweiligen Bearbeiter zu Beginn einer Aufgabe alle notwendigen Informationen und Daten im richtigen Format vorliegen haben. Vor allem die zu Reibungsverlusten führenden Prozesse zwischen Unternehmen müssen hierzu effizient modelliert werden können. Hierbei ist die Dynamik von virtuellen Fabriken zu berücksichtigen. Durch den schnellen Aufbau der Kooperation, die zeitlich befristete Kooperationsdauer und die sich ständig ändernden Unternehmenskonstellationen ist eine sehr *hohe Flexibilität* bei der Prozeßgestaltung erforderlich.

Da die Informationen im wesentlichen Produkte beschreiben, erfordert eine transparente Darstellung des Informationsflusses eine *Integration* der Produktdaten mit den Prozeßdaten. Die Integration muß so umgesetzt werden, daß die notwendigen Verknüpfungen einfach abgebildet werden können.

Weiterhin ist eine Möglichkeit zu schaffen, um das *Know-how* der Projektmitarbeiter frühzeitig in gemeinsame Projekte einbringen zu können, um so beispielsweise fertigungsgerecht entwickeln und konstruieren zu können.

4.3 Anforderungen an das Produktdatenmanagement

Das Ziel einer strukturierten Verwaltung und eines effizienten Austauschs der im Projekt auftretenden Produktdaten, stellt auch Anforderungen an das Produktdatenmanagement. Insbesondere müssen die Daten in die *strukturierte Verwaltung* einbezogen werden, die bei Kooperationspartnern lokal gespeichert sind. Zu Berücksichtigen ist hierbei die *Heterogenität der Datenformate* bei den beteiligten Unternehmen einer virtuellen Fabrik.

Weiterhin ist die *Aktualität* der Daten zu gewährleisten. Für alle Projektbeteiligten muß der *Zugriff* auf die Daten einfach, schnell und unabhängig von den Bürozeiten der Projektpartner erfolgen können. Es muß allerdings auch eine Möglichkeit geschaffen werden, wie Zugriffe auf Produktdaten *gezielt verhindert* werden können, um Mißbrauch zu vermeiden.

4.4 Anforderungen an die DV-technische Umsetzung

Aufgrund der Tatsache, daß die Prozeßdaten unternehmensübergreifend modelliert werden sollen und dabei ständigen Änderungen unterworfen sind, bietet sich der Einsatz einer DV-technischen Unterstützung an. Eine DV-technische Unterstützung hat nach AUGUSTIN (1998) den primären Nutzen, daß aktuelle Informationen schnell und zuverlässig verfügbar gemacht werden können. Sie ist in dem hier betrachteten Einsatzbereich auch deshalb sinnvoll, da Produktdaten in digitaler Form vorliegen und somit nur mit DV-technischen Werkzeugen effizient verwaltet werden können. Bei der Umsetzung müssen deshalb folgende Anforderungen berücksichtigt werden:

Die geographische Trennung der Projektbearbeiter einer virtuellen Fabrik erfordert einen *unternehmensübergreifenden Einsatz* des Softwaresystems. Die Unternehmen, die sich zu einer virtuellen Fabrik zusammenschließen, müssen in kürzester Zeit informationstechnisch vernetzt sein.

Heterogene I&K-Technologien in den Unternehmen, wie beispielsweise Betriebssysteme, Netzwerktechnologien und Anwendersysteme, müssen dabei berücksichtigt werden. Die Software muß auf allen wichtigen *Arbeitsplattformen* (Office-PCs, UNIX-Workstations, ...) verfügbar sein.

Ebenso stellt auch die *dezentrale Datenhaltung* eine Herausforderung dar. Dadurch, daß mehrere Unternehmen gemeinsam Produkte entwickeln und herstellen, sind die Daten auch auf mehrere Unternehmen verteilt. Die Software muß somit den *unternehmensübergreifenden Datenaustausch* unterstützen.

Das zu entwickelnde Konzept soll für qualifizierte und eigenverantwortlich handelnde Projektmitarbeiter ausgelegt werden. Dies eröffnet für die Lösung neue Spielräume, die bei bekannten Lösungsansätzen oft nicht gegeben sind. Durch die aktive Einbindung der Projektbeteiligten vergrößert sich der Nutzerkreis der Software deutlich, was wiederum zu steigenden Anforderungen bezüglich der Systembedienung führt. Komplexe Expertentools, zu deren Bedienung umfangreiches Spezialwissen erforderlich ist, eignen sich nicht für den Einsatz in dynamischen Unternehmenskooperationen. Deshalb muß ein Kompromiß zwischen *einfacher Bedienung* und *leistungsfähiger Funktionalität* gefunden werden. So sind beispielsweise graphische Benutzeroberflächen für Prozeß- oder Produktstrukturen sind notwendig, um das Projekt übersichtlich darstellen zu können.

5 Konzept zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement

Nachdem im vorigen Kapitel die Anforderungen formuliert wurden, wird in diesem Kapitel das Konzept zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken entwickelt. Einleitend wird der Lösungsansatz vorgestellt. Anschließend folgt die Ausarbeitung des Konzepts auf Basis von Informationsanalysen. Betrachtet wird hierbei die Planung, Abwicklung, Überwachung und Steuerung von Projekten.

5.1 Lösungsansatz

Beim konventionellen Vorgehen, das auch in Kapitel 3 ausführlich diskutiert wurde, werden Projekt- und Produktdaten dezentral bei den beteiligten Unternehmen verwaltet. Es werden auch individuelle Werkzeuge, wie beispielsweise Projektmanagementsysteme oder Produktdatenmanagementsysteme eingesetzt. Es findet also eine redundante Planung mit unterschiedlichen Werkzeugen statt.

Das im Rahmen der Arbeit entwickelte Konzept basiert auf dem Ansatz, daß die Prozeß- und Produktdaten nicht dezentral mit individuellen Werkzeugen verwaltet werden, sondern zentral im Unternehmensnetzwerk. Hierfür werden gemeinsame Methoden und Werkzeuge eingesetzt, so daß unabhängig von der Konstellation einer virtuellen Fabrik einheitliche Tools zur Prozeß- und Produktdatenverwaltung verwendet werden und auch eine integrierte Datenhaltung möglich wird. Die *Bearbeitung* der Nutzdaten, wie beispielsweise CAD-Daten, erfolgt nach wie vor mit individuellen Werkzeugen. Die *Verwaltung* dieser Daten wird allerdings mit den gemeinsamen Tools durchgeführt. Das Konzept soll deshalb nicht für den Einsatz in nur einem Unternehmen, sondern für den Einsatz in einem dynamischen Unternehmensnetzwerk ausgelegt werden.

Der Ansatz ähnelt dem Prinzip des standardisierten Datenaustauschs: Durch die Definition von Standards können zwischen beliebigen Softwareprogrammen Informationen einheitlich ausgetauscht werden (Bild 5-1). Es müssen nicht für jede einzelne Kopplung Anbindungen entwickelt werden, sondern es ist völlig

ausreichend, wenn die Softwareprogramme die standardisierten Daten ein- und auslesen können. Standardisierungen werden genau aus diesem Grund entwickelt und erhöhen dadurch die Flexibilität enorm (TRAUTHEIM 1998).

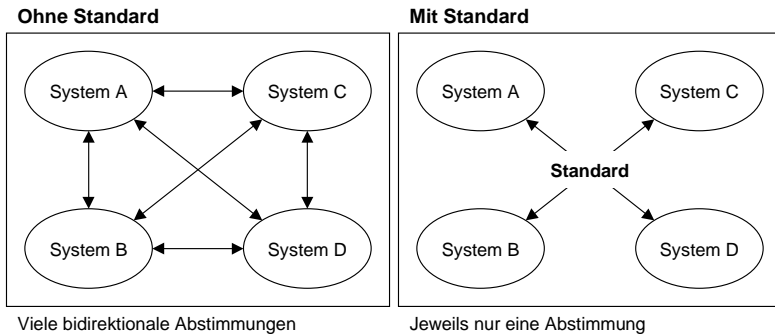


Bild 5-1: Prinzip der Standardisierung beim Datenaustausch zwischen Softwaresystemen

Der Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen Systemen und die Bildung von virtuellen Fabriken auf Basis von Unternehmensnetzwerken haben eines gemeinsam: In beiden Fällen existieren viele Konstellationsmöglichkeiten. So wie beim Datenaustausch beliebige *Systemkonstellationen* denkbar sind, treten in Unternehmensnetzwerken beliebige *Unternehmenskonstellationen* in Form von virtuellen Fabriken auf. In beiden Fällen ist der Aufwand enorm, um alle denkbaren Konstellationen präventiv zu unterstützen.

Deshalb wird das Lösungsprinzip der Standardisierung auf Unternehmensnetzwerke angewendet. Allerdings werden hier nicht nur Daten in standardisierter Form ausgetauscht und verwaltet, sondern es werden vor allem standardisierte Methoden und Werkzeuge im Netzwerk eingesetzt, die das gesamte Produkt- und Prozeßmodell, unabhängig von den beteiligten Unternehmen, verwalten können. Der Ansatz ist in Bild 5-2 dargestellt.

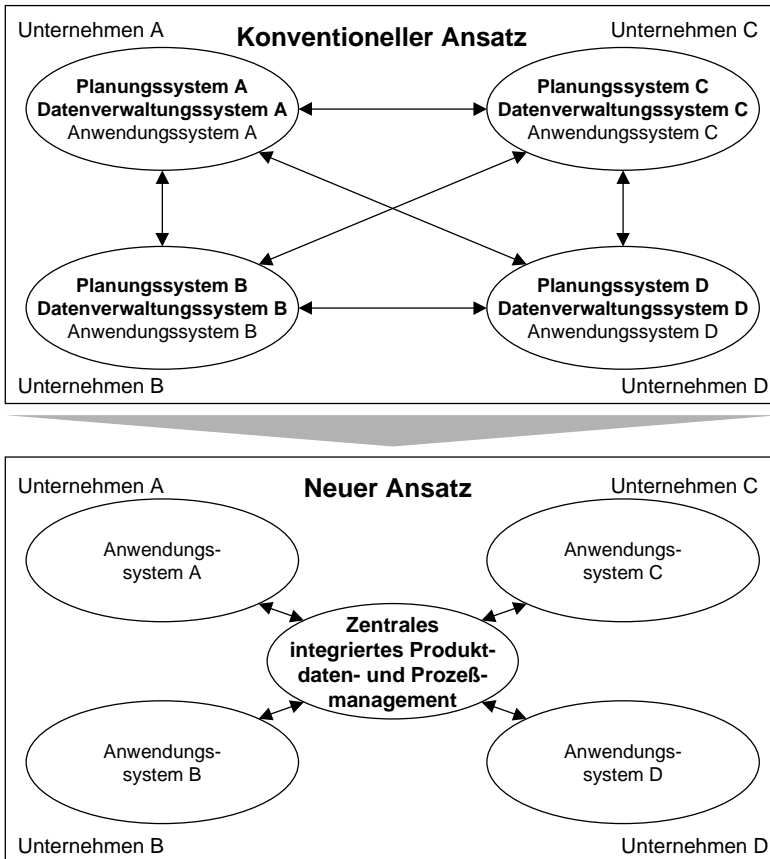


Bild 5-2: Betrachtung des neuen Ansatzes aus der Sicht von Softwaresystemen

Während bei der Bearbeitung von beispielsweise CAD-Daten unterschiedliche Werkzeuge deshalb eingesetzt werden, weil die Funktionalitäten der CAD-Systeme stark unterschiedlich sind, ist bei der Produktdaten- und Projektverwaltung festzustellen, daß bei den meisten Unternehmen ähnliche Prinzipien eingesetzt werden. Dies zeigt sich auch darin, daß die Standardisierung der Produktdaten im Anwendungsprotokoll AP214 des STEP-Standards sehr schnell voranschreitet und bereits erfolgreich getestet wurde (LEBER 1998). E-

benfalls werden für das Prozeßmanagement in den meisten Unternehmen Standard-Netzplan- oder Balkenplantechniken eingesetzt (STUFFER & KLEEDÖRFER 1997).

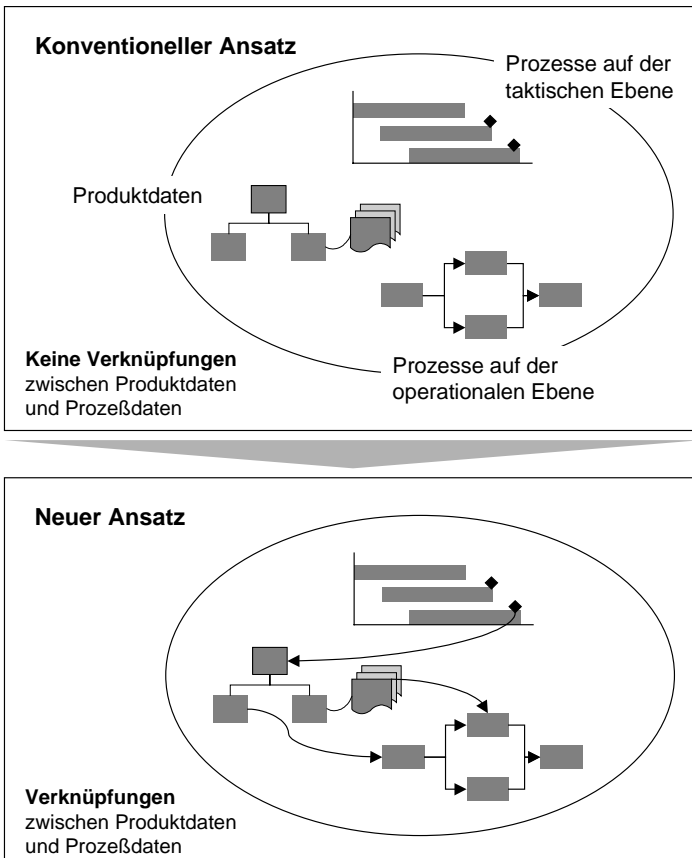


Bild 5-3: Betrachtung des neuen Ansatzes aus der Sicht der Prozeß- und Produktdaten

Aufgrund dieser Ähnlichkeiten in den Anwendungen und Datenbeschreibungen ist es möglich, innerhalb eines Unternehmensnetzwerks nicht nur die Daten in einem standardisierten Format zu speichern, sondern auch einheitliche Methoden und Werkzeuge zum Produktdaten- und Prozeßmanagement zu implementieren.

Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, daß unabhängig von der Zusammensetzung der virtuellen Fabrik, die Daten für das komplette Projekt bzw. Produkt zentral und integriert verwaltet werden können. Durch die Nutzung gemeinsamer Methoden und Werkzeuge für die Projektplanung und Gestaltung von Informationsflüssen können alle denkbaren Schnittstellenkonstellationen modelliert werden.

Ein weiterer zentraler Aspekt des zu entwickelnden Konzepts liegt darin, daß zusammengehörige Produkt- und Prozeßdaten *integriert* verwaltet werden. Die heute vorzufindende Trennung zwischen Prozeßdaten auf der taktischen Ebene, Prozeßdaten auf der operationalen Ebene und den Produktdaten soll aufgehoben werden. Bild 5-3 veranschaulicht dieses Lösungsprinzip.

Im Rahmen der Ausarbeitung des Konzepts werden die Funktionsweisen des Prozeßmanagements und des Produktdatenmanagements vorgestellt. Anschließend wird ein Vorgehensmodell erläutert, das beschreibt, wie im Rahmen des neuen Lösungsansatzes Projekte in virtuellen Fabriken geplant und abgewickelt werden.

5.2 Informationsanalyse

Vor der Ausarbeitung des Konzepts muß ermittelt werden, welche Daten in dem zentralen Modell verwaltet werden müssen. Hierzu werden in den folgenden Abschnitten die Daten, die typischerweise in unternehmensübergreifenden Projektentwicklungen auftreten, gesammelt und strukturiert. Anschließend werden aus dem Datenpool die Daten selektiert, die in dem zentralen Modell zu berücksichtigen sind.

Es handelt sich im wesentlichen um Prozeßdaten und Produktdaten. Finanz- und Logistikdaten, die in PPS-Systemen verwaltet und über EDI²¹-Standards, wie beispielsweise EDIFACT²² oder ODETTE²³ online ausgetauscht werden, werden nicht betrachtet. Sie würden den Rahmen der Arbeit sprengen. In weiteren Ausbaustufen sollten jedoch auch diese Daten in das Konzept integriert werden.

5.2.1 Prozeßdaten

Unter Prozeßdaten werden in diesem Zusammenhang die Daten verstanden, die die Entstehung und Verarbeitung der Produktdaten beschreiben. Die Prozeßdaten können unterteilt werden in Projektdaten und Geschäftsprozeßdaten. Folgende Projektdaten sind hierbei von Bedeutung:

- *Projektstamm* mit Informationen über Projektlaufzeit, Auftraggeber usw.
- *Dokument*, z. B. Projektbeschreibung, Pflichtenheft oder Projektbericht
- *Projektphase*, die Inhalte und den zeitlichen und finanziellen Rahmen von Teilbereichen des Projekts definiert (einschließlich Meilensteinen)
- *Phasenplan* als Zusammensetzung einzelner Projektphasen
- *Person*, wie beispielsweise Projektleiter oder Phasenverantwortlicher

Um innerhalb einer Projektabwicklung das Produktmodell und auch das Produkt zu erstellen, muß eine Vielzahl von Geschäftsprozessen durchgeführt werden. In dynamischen Unternehmenskooperationen werden die vorwiegend auftretenden ad-hoc-Geschäftsprozesse allerdings kaum geplant, da keine geeig-

²¹ Unter EDI (Electronic Data Interchange) versteht man den elektronisch normierten Datenaustausch von strukturierten Finanz- und Logistikdaten. Typische Daten sind Bestellungen, Lieferstatusmitteilungen, Rechnungen, Zahlungsaufträge und Zollformalitäten (vgl. KRILL 1996).

²² EDIFACT – Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport. EDIFACT ist die branchenneutrale EDI-Lösung und das definierte Regelwerk der Vereinten Nationen für den elektronischen Datenaustausch in Verwaltung, Wirtschaft und Transport.

²³ ODETTE – Branchenspezifischer Standard für die Automobilbranche.

neten Methoden und Werkzeuge zur Verfügung stehen (vgl. Abschnitt 3.3). Da im Rahmen des zu entwickelnden Konzepts auch die ad-hoc-Geschäftsprozesse geplant werden sollen, müssen weiterhin folgende Objekte berücksichtigt werden:

- *Geschäftsprozeß* als Basisobjekt für die Bearbeitung und Weitergabe von Informationen
- *Dokument*, wie beispielsweise CAD-Datei, das in Geschäftsprozessen bearbeitet und anschließend weitergegeben wird
- *Geschäftsprozeßplan*, der durch die Zusammensetzung einzelner Geschäftsprozesse gebildet wird
- *Person*, die Geschäftsprozesse initiiert, durchführt oder kontrolliert

5.2.2 Produktdaten

Die Klasse Produktdaten beinhaltet alle Daten, die zur vollständigen Beschreibung von Produkten und Produktionsmitteln notwendig sind. Weiterhin gehören hierzu auch Daten für die Herstellung und Prüfung von Produkten. Die Datenklasse Produktdaten beinhaltet folgende Unterklassen:

- *Teilestamm*, z. B. Teile-ID, Teilebezeichnung, Werkstoff oder Material
- *Produktstruktur*, entspricht der Stücklisteninformation des Produkts
- *Dokument*, z. B. CAD-Modell bzw. -Zeichnung, NC-Programm oder Prüfprotokoll
- *Dokumentenstamm*, z. B. Dokumentenname, Dokumententyp oder Dokumentenvorlage
- *Dokumentenstruktur*, z. B. "NC-Programm gehört zu 3D-Modell"
- *Person* als Eigner von Teilen oder Dokumenten

5.2.3 Relevante Daten für das Konzept

Die durchgeführte Betrachtung der Produkt- und Prozeßdaten in Projektentwicklungen zeigt, daß teilweise gleiche Datenobjekte mit unterschiedlichen Systemtypen verwaltet werden.

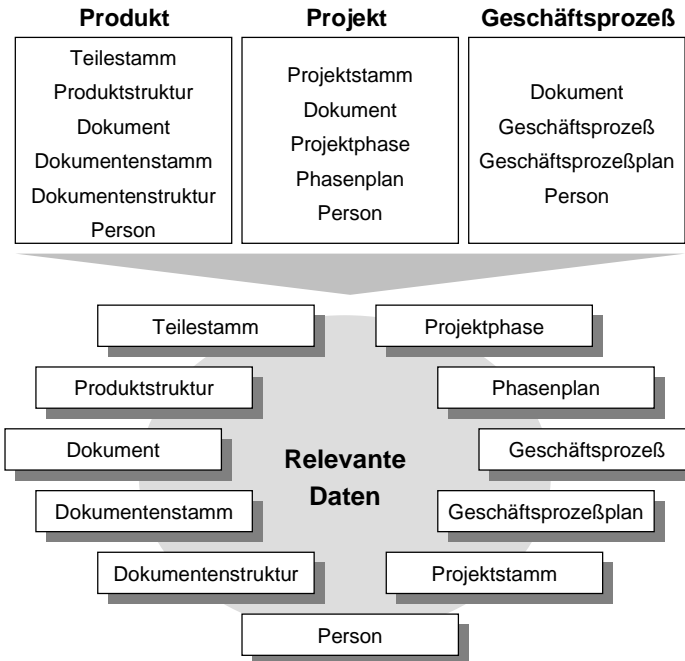


Bild 5-4: Relevante Daten für ein integriertes Produkt- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken

Da Geschäftsprozeßdaten Projektphasen untergeordnet sind und in den Geschäftsprozessen Produktdaten (beispielsweise Dokumente) verarbeitet werden, ist eine entsprechende Datenintegration zu erzeugen. In Bild 5-4 sind die wesentlichen Objekte aufgeführt, die bei der Entwicklung des Konzepts zu berücksichtigen sind.

5.3 Konzept für das Prozeßmanagement

Im Mittelpunkt des Prozeßmanagements stehen die im vorigen Abschnitt identifizierten Objekte *Projektstamm*, *Projektphase*, *Phasenplan*, *Geschäftsprozeß*, *Geschäftsprozeßplan* und *Person*. Für eine durchgängige Verwaltung der Prozesse von der taktischen bis zur operationalen Ebene, werden Phasen und Geschäftsprozesse integriert betrachtet.

5.3.1 Unternehmensübergreifende Phasenplanung

Um die in Abschnitt 4.1 aufgestellten Anforderungen zu erfüllen, ist ein gemeinsamer Phasenplan erforderlich. Dieser wird zentral im Unternehmensnetzwerk verwaltet und bearbeitet (Bild 5-5).

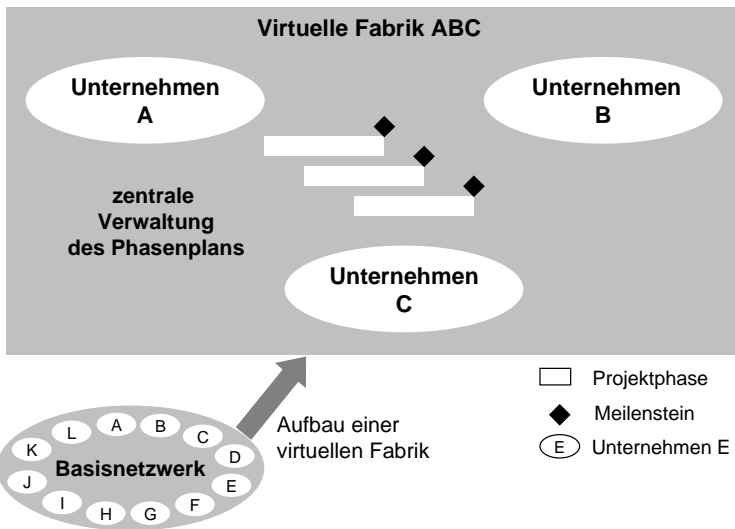


Bild 5-5: Zentraler Phasenplan in der virtuellen Fabrik

Der Phasenplan beinhaltet die einzelnen Projektphasen, die zur Erreichung des Projektziels notwendig sind. Er wird gemeinsam mit der Produktstruktur kon-

zipiert. Die einzelnen Phasen werden so angeordnet, daß sie einen zeitlichen Rahmen für das Projekt vorgeben. Da in der Realität Phasenüberlappungen auftreten²⁴, ist diese Modellierungsform geeigneter als die strenge zeitliche Verknüpfung von Projektphasen. Um trotzdem die Übergabe von konkreten Ergebnissen zu einem bestimmten Termin modellieren zu können, werden Meilensteine definiert. Bei komplexen Projekten können die Projektphasen auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen modelliert werden.

Durch dieses Vorgehen können alle Projektmitarbeiter aktiv in die Planung einbezogen werden, was dazu führt, daß allen Projektbeteiligten ein aktueller Projektplan zur Verfügung steht.

5.3.2 Phasenabhängige Zugriffsregelung

In unternehmensübergreifenden Projekten sind nicht alle Beteiligten während des gesamten Projekts in die Abwicklung involviert, sondern nur während bestimmter Projektphasen. In diesen Projektphasen müssen die Mitarbeiter Zugriff auf das Produkt- und Prozeßmodell haben. In Phasen, in denen sie weder aktiv Aufgaben durchführen noch an der Prozeßgestaltung mitwirken, ist es ausreichend, wenn das Prozeßmodell angezeigt wird. Sind streng vertrauliche Informationen im Prozeßmodell, so muß die Möglichkeit bestehen, diese vor unerlaubten Zugriffen zu schützen.

Mit einer *phasenabhängigen Zugriffsregelung* kann dies umgesetzt werden. Dabei werden Projektmitarbeitern in unterschiedlichen Phasen unterschiedliche Rechte für Produkt- und Prozeßdaten eingeräumt. Es kann dadurch gesteuert werden, ob sich ein Projektmitarbeiter aktiv an der Prozeßplanung beteiligen kann, ob er sich nur über den Prozeßplan informieren kann oder ob er auf keine Projektinformationen zugreifen darf.

²⁴ vgl. Simultaneous Engineering

5.3.3 Unternehmensübergreifende Informationsflußmodellierung

Unter der taktischen Ebene ist die operationale Ebene angeordnet. Auf dieser Ebene steht die Transparenz im unternehmensübergreifenden Informationsfluß im Vordergrund. Um die Dynamik der virtuellen Fabriken zu unterstützen, muß der Ansatz ausreichend flexibel gestaltet werden.

Hierbei wird das Ziel verfolgt, den Projektmitarbeitern alle zur Durchführung einer Aufgabe notwendigen Informationen zur richtigen Zeit im richtigen Format und am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen. Um dies zu erreichen, müssen die Projektbearbeiter frühzeitig gemeinsam unternehmensübergreifend kritische Prozeßschritte einschließlich des Informationsflusses modellieren. Kritisch sind vor allem diejenigen Prozesse, die Informationen von anderen Projektmitarbeitern benötigen oder an andere Projektmitarbeiter weitergeben.

Die Modellierung des Informationsflusses erfolgt auf Basis der SADT²⁵-Methode. Sie ist eine sehr verbreitete, graphisch orientierte Methode zur funktionalen Modellierung. Als eine Erweiterung der IDEF²⁶-Familie wurde sie zur Unterstützung der Geschäftsprozeßanalyse und -optimierung entwickelt. Sie ist nach GRABOWSKI U. A. (1993) eine geeignete Methode zur Abbildung von Prozessen sowie ihrer Kontroll- und Informationsflüsse.

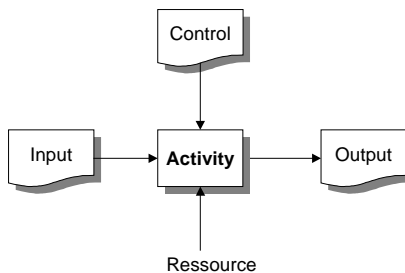


Bild 5-6: Beschreibung einer Aktivität in Anlehnung an die SADT-Methode

²⁵ SADT – Structured Analysis and Design Technique

²⁶ IDEF – ICAM Definition Language

Bild 5-6 stellt das Basiselement der Methode dar. Die *Activity*²⁷ beschreibt die Aufgabe die durchgeführt werden muß, und der *Input* beschreibt die Daten, die in der Activity weiterverarbeitet werden müssen (z. B. 3D-CAD-Modell). D.h. diese Daten müssen in einem weiterverarbeitbaren Format zur Verfügung gestellt werden. *Control* liefert dagegen Steuerinformationen, die die Durchführung der Activity steuern. Diese Informationen müssen nur gelesen und nicht weiterverarbeitet werden können (z. B. Pflichtenheft). Deshalb sind die Anforderungen an das Format deutlich geringer als bei Input-Informationen. Als Ergebnis der Activity entsteht der *Output* in Form von Informationen, Dateien oder auch physikalischen Objekten. Der Aktivität ist eine *Ressource* zugewiesen, in der angegeben ist, welcher Bearbeiter mit welchen Methoden und Werkzeugen die Aktivität ausführt.

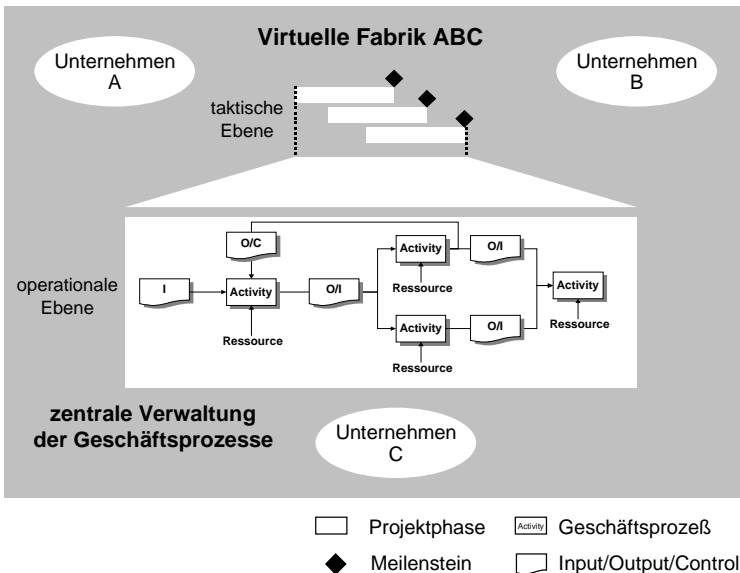


Bild 5-7: Zentrales Geschäftsprozessnetz zur Informationsflußplanung

²⁷ Activity wird hier als Synonym für Geschäftsprozeß verwendet

Mehrere Aktivitäten können zu einem Aktivitätensnetz verbunden werden. Hierbei werden die Aktivitäten über Output, Input und Control verknüpft. Die Modellierung des Prozeßnetzes erfolgt zentral im Netzwerk mit Methoden und Programmen des Netzwerks (Bild 5-7). Jede Aktivität ist hierbei einer konkreten Projektphase untergeordnet.

5.4 Konzept für das Produktdatenmanagement

Im Rahmen des Produktdatenmanagements muß die Frage beantwortet werden, welche Daten und Informationen zentral gehalten und mit gemeinsamen Methoden und Werkzeugen des Netzwerks bearbeitet werden, und welche Daten nach wie vor bei den einzelnen Unternehmen verwaltet und mit individuellen Werkzeugen verarbeitet werden.

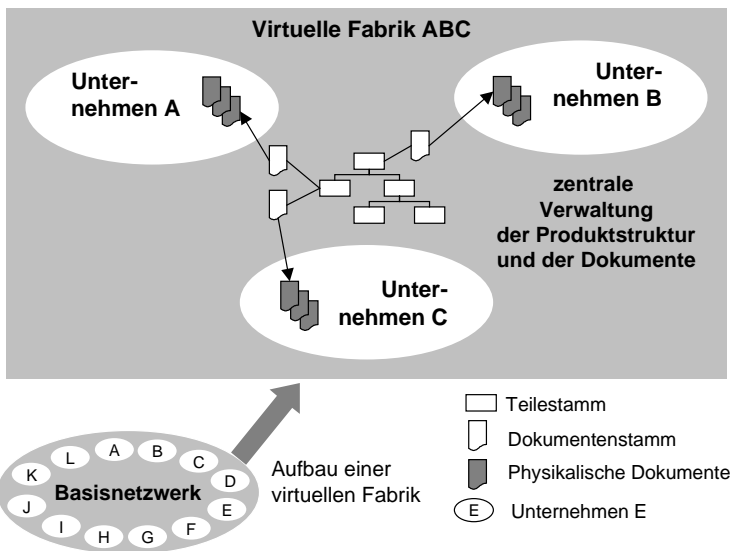


Bild 5-8: Strukturierte Verwaltung aller Produktdaten

Die Anforderung besteht darin, alle Daten des Produkts strukturiert zu verwalten und allen Projektarbeitern zugänglich zu machen. Auf der anderen Seite muß die Möglichkeit geschaffen werden, heterogene organisatorische Daten abzubilden und bestimmte Datenbereiche gezielt nur ausgewählten Projektpartnern zur Verfügung zu stellen. Weiterhin muß berücksichtigt werden, daß viele Nutzdaten, wie beispielsweise CAD-Modelle, aus praktikablen Gründen dezentral bei den einzelnen Unternehmen gespeichert werden müssen (vgl. hierzu FRIEDMANN U. A. 1998).

Um diese Anforderungen für beliebige virtuelle Fabriken, die sich aus einem Basisnetzwerk bilden können, zu unterstützen, wird der in Bild 5-8 dargestellte Lösungsansatz gewählt. Bei diesem Konzept werden die Produktstruktur, Teilestamm und Dokumentenstamm zentral im Unternehmensnetzwerk in einer einheitlichen Form verwaltet. Zum Anlegen und Bearbeiten dieser Daten verwenden alle Projektmitarbeiter das gleiche System, das im Unternehmensnetzwerk installiert ist.

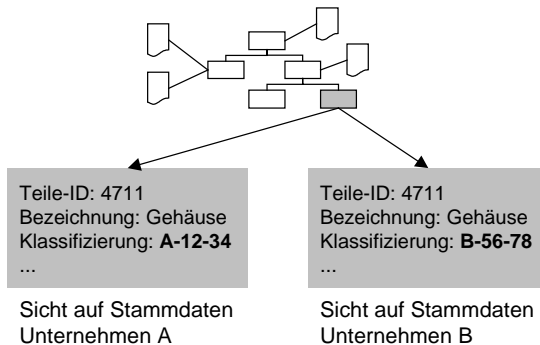


Bild 5-9: Verwaltung von heterogenen Organisationsdaten mit Sichten am Beispiel der Teileklassifizierung

Während die Dokumentenstämme zentral verwaltet werden, werden die physikalischen Dokumente allerdings dezentral verwaltet, d. h. diese liegen nach wie vor auf den File-Systemen oder in den Datenbanken der beteiligten Unterneh-

men. Diese Dokumente werden aber über entsprechende Verweise im Dokumentenstamm in die Produktdatenverwaltung einbezogen.

Dadurch können alle Projektbeteiligten in allen Unternehmenskonstellationen an der Modellierung der Produkt- und Dokumentenstruktur teilnehmen. Weiterhin können sie unabhängig von den Bürozeiten der Partnerunternehmen auf alle zum Projekt gehörenden Produktdaten zugreifen. Die Stammdaten und Dokumente sind hierbei immer bestimmten Projektmitarbeitern zugewiesen, die die Zugriffe auf die Daten steuern.

Da auf der einen Seite möglichst alle Produktdaten in die strukturierte Verwaltung einbezogen werden sollten und auf der anderen Seite bestimmte organisatorische Daten, wie beispielsweise die Teileklassifizierung, in den einzelnen Unternehmen unterschiedlich sind, werden sogenannte *Sichten auf Stammdaten* eingeführt.

Wie in Bild 5-9 dargestellt, werden dadurch je nach zugreifender Organisationseinheit entsprechende Informationen angezeigt. Dadurch kann jedes Unternehmen beispielsweise nach eigenen Klassifizierungsmerkmalen Bauteile verwalten und suchen. Durch diesen Ansatz wird die Verwaltung heterogener Organisationen unterstützt (vgl. REINHART & BRANDNER 1996B).

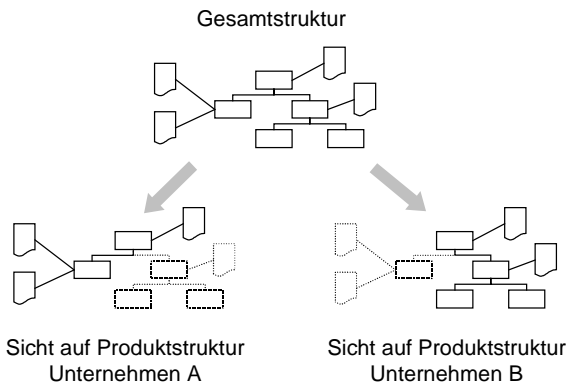


Bild 5-10: Produktstrukturabhängige Steuerung von Zugriffsrechten

Um den gezielten Zugriff auf Produktdaten steuern zu können, werden weitere, sogenannte *produktstrukturabhängige Sichten* eingeführt. Über diese Sichten können Projektmitarbeiter festlegen, welcher Mitarbeiter welche Daten (Produktstruktur, Dokumente usw.) sehen, ändern oder löschen darf. In Bild 5-10 ist das Konzept schematisch aufgezeigt.

Das Produktdatenmanagement weist sowohl auf der taktischen als auch auf der operationalen Ebene Verbindungen mit dem Prozeßmodell auf. Diese werden im folgenden erläutert.

5.5 Konzept für die Integration

Da die Projektphasen und Geschäftsprozesse bis jetzt unabhängig von den Produktdaten betrachtet wurden, ist bis jetzt keine Verbindung zwischen den Produktdaten und Prozeßdaten vorhanden. Um allerdings gezielt Produktdaten durch die Geschäftsprozesse zu steuern, ist eine Integration der Partialmodelle notwendig. In diesem Abschnitt soll das Konzept der Integration vorgestellt werden. Die Umsetzung der Integration erfolgt in Kapitel 6 im Rahmen der DV-technischen Umsetzung.

Die wesentlichen Verbindungen zwischen den Produktdaten und Prozeßdaten sind in Bild 5-11 dargestellt.

Die Verbindungen haben folgende Bedeutung:

1. *Projektstamm – Teilestamm*²⁸: Einem Projekt werden die Stammdaten eines Produkts oder Bauteils zugewiesen.
2. *Projektstamm – Dokumentenstamm*: Projekte werden mit Dokumenten beschrieben (z. B. Pflichtenheft). Die Verbindung zwischen Projektstamm und Dokument wird hierbei über den Dokumentenstamm realisiert.
3. *Projektphase – Teilestamm*: Während Projektphasen werden Teile bearbeitet. An Meilensteinen, als besondere Ausprägung von Projektphasen, müssen beispielsweise Teile in einem bestimmten Status vorliegen.

²⁸ Die Teilestämme beziehen sich hier auf Produkte, Baugruppen und Bauteile.

4. *Projektphase – Dokumentenstamm*: Während Projektphasen werden Dokumente bearbeitet. An Meilensteinen müssen beispielsweise Dokumente in einem bestimmten Status vorliegen. Die Verbindung vom Dokumentenstamm zum Dokument ist hierbei innerhalb der Produktdaten vorhanden.
5. *Geschäftsprozeß – Teilestamm*: Geschäftsprozessen können Teile als Input-, Output- oder Controlinformationen zugewiesen werden.
6. *Geschäftsprozeß – Dokumentenstamm*: Geschäftsprozessen können Dokumentenstämme als Input-, Output- oder Controlinformationen zugewiesen werden. Über die Verbindung zwischen Dokumentenstamm und Dokument können Geschäftsprozessen auch Dokumente zugewiesen werden, die beispielsweise im Geschäftsprozeß verarbeitet werden müssen.

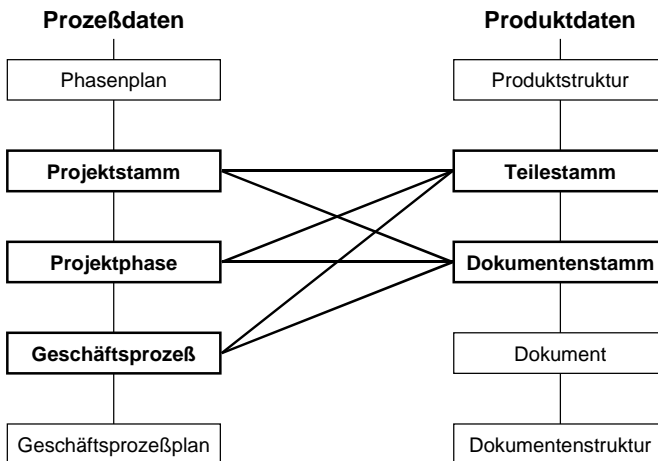


Bild 5-11: Vereinfachtes Konzept der Integration von Produktdaten mit Prozeßdaten

Bild 5-12 zeigt die Integration zwischen Projektphasen, Geschäftsprozessen und Produktdaten exemplarisch auf.

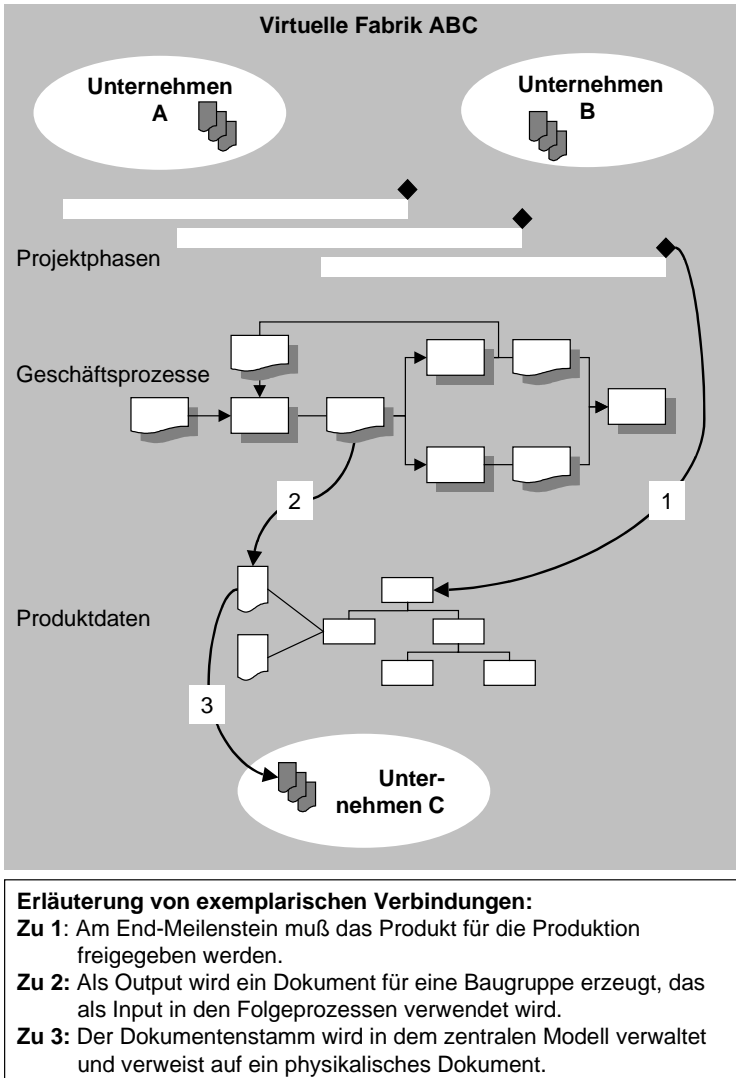


Bild 5-12: Zentrale Verwaltung von Produktdaten und Prozeßdaten

Vorteile der Integration bei der Planung

Durch die Integration kann der Informationsfluß der Produktdaten gezielt geplant werden, ohne daß Daten redundant sind. Die Verknüpfung der Produktdaten mit den Prozeßdaten ist vor allem dort sinnvoll, wo Schnittstellen zwischen Unternehmen Reibungsverluste verursachen können. Durch die transparente und nachvollziehbare Prozeßdarstellung erhält jeder Mitarbeiter ein klares Verständnis über den Projektverlauf. Es ist bekannt, wofür welcher Projektmitarbeiter welche Informationen oder Dateien zu einem bestimmten Zeitpunkt benötigt. Die Transparenz führt auch dazu, daß bei Änderungswünschen schnell ersichtlich ist, wer davon betroffen ist und wer bei der Durchführung von Änderungen informiert werden muß.

Verwaltung der Organisationseinheiten

Neben den Produktdaten und Prozessen spielen auch die Organisationseinheiten eine wesentliche Rolle in Projektplanung und -abwicklung. In virtuellen Fabriken treten folgende Organisationseinheiten auf, die zueinander in Beziehung stehen:

- Person
- Abteilung
- Projektteam
- Unternehmen
- Unternehmensnetzwerk

Projektmitarbeiter (Personen) sind i. d. R. für mehrere Teile, Dokumente und Geschäftsprozesse verantwortlich. Der Ausfall eines Mitarbeiters kann dazu führen, daß eine Vielzahl von Verknüpfungen im Gesamtmodell aufwendig angepaßt werden muß.

Um dies zu verhindern, wird die Organisationseinheit *Rolle* eingeführt. Einer Rolle ist mindestens ein Projektmitarbeiter zugeordnet. Ein zweiter Mitarbeiter kann beispielsweise als Stellvertreter zugeordnet werden, auf den die Rechte und Pflichten der Rolle *vererbt* werden. Änderungen in der Zusammensetzung von virtuellen Fabriken können dadurch mit wenig Aufwand durchgeführt werden, indem andere Mitarbeiter entsprechenden Rollen zugewiesen werden.

5.6 Vorgehen beim integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement

In den letzten Abschnitten wurde erläutert, welche Objekte zentral im Netzwerk verwaltet werden müssen und welche Zusammenhänge zwischen Prozeßdaten und Produktdaten bestehen. In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie bei der Projektplanung und -abwicklung in virtuellen Fabriken *vorgegangen* wird. Bild 5-13 zeigt die wesentlichen Schritte, die im folgenden ausführlich erläutert werden.

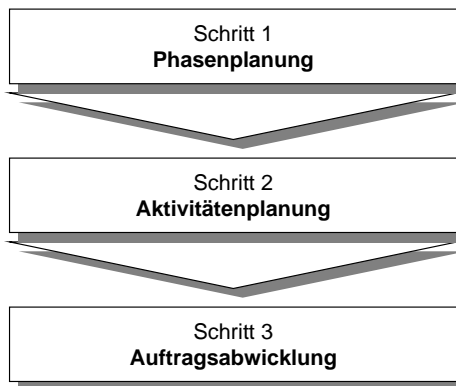


Bild 5-13: Wesentliche Schritte bei der Projektplanung und -abwicklung

5.6.1 Phasenplanung

Bereits in einer frühen Projektphase sollte ein Projektteam gebildet werden, das die Auftragsplanung durchführt (Bild 5-14). Im Projektteam sind sowohl leitende Mitarbeiter der einzelnen Unternehmen als auch die späteren Projektbearbeiter vertreten. Wie bei allen Projekten wird auch hier ein Projektleiter bestimmt, der die Projektverantwortung übernimmt. Sollte sich im Projektverlauf die Konstellation der virtuellen Fabrik ändern, ist das Projektteam entsprechend anzupassen.

Im Anschluß an die Bildung des Projektteams wird die Grobplanung des Projekts in Form einer Phasenplanung durchgeführt. Das Projektteam beginnt mit der Klärung finanzieller, terminlicher und vertraglicher Fragestellungen. Hier bringen sich vor allem die leitenden Mitarbeiter der einzelnen Partnerunternehmen ein. Ebenso sind auch organisatorische und I&K-technische Randbedingungen abzustimmen, bevor die eigentliche Phasenplanung beginnen kann.

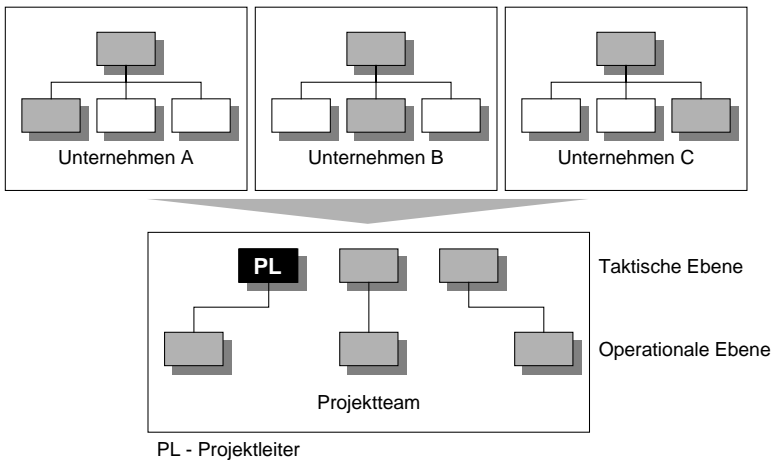


Bild 5-14: Bildung eines Projektteams

Hierbei ist folgendes Vorgehen sinnvoll (Bild 5-15):

1. *Konzeption der Produktstruktur:*

Auf Basis der Vorarbeiten wird eine gemeinsame Produktstruktur aufgestellt, in der die wesentlichen Baugruppen und Einzelteile enthalten sind. Es handelt sich hierbei allerdings nur um ein erstes Konzept, das im Projektverlauf ständig angepaßt werden muß.

2. *Aufstellen eines Phasenplans:*

Im nächsten Schritt werden auf Basis der Produktstruktur die Projektphasen definiert, die notwendig sind, um das Projektziel zu erreichen. Die Phasen sind

hierbei ebenso wie die Produktstruktur zu einem frühen Planungszeitpunkt sehr vage und müssen in der Regel im Projektverlauf angepaßt werden.

3. Definition der Phasenergebnisse:

Anschließend werden die Ergebnisse definiert, die am Ende der einzelnen Projektphasen vorliegen müssen. Es wird so weit wie möglich beschrieben, welcher Projektbeteiligte bis zu welchem Zeitpunkt welchem Mitarbeiter Ergebnisse zum Projekt liefern muß. Da die Phasenverantwortlichen bereits definiert sind, können sich die Projektbeteiligten untereinander abstimmen. Ebenfalls sind innerhalb von Projektphasen Meilensteine zu definieren, an denen Zwischenergebnisse vorliegen müssen. Es sollten auch mögliche Sollbruchstellen berücksichtigt werden, an denen das Projekt mit vertretbaren Verlusten abgebrochen werden kann.

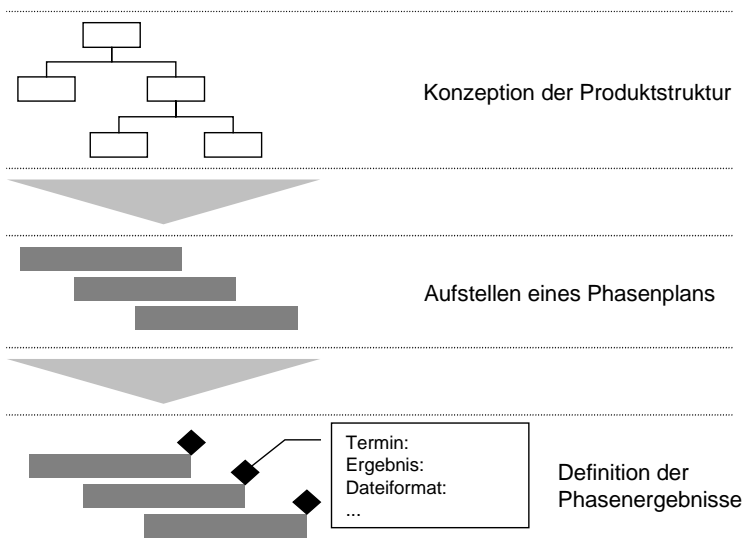


Bild 5-15: Vorgehen auf der taktischen Ebene

5.6.2 Aktivitätenplanung

Ausgehend von der Phasenplanung wird in diesem Schritt ein Wechsel von der taktischen in die operationale Ebene vollzogen. Das Ziel in der operationalen Ebene ist das Aufstellen eines integrierten Produkt- und Prozeßmodells durch die Projektbearbeiter. In diesem Modell muß der unternehmensübergreifende Informationsfluß abgebildet sein.

Die Beteiligten planen hierbei die erforderlichen Aktivitäten eigenverantwortlich im Rahmen vorgegebener Termine aus dem Phasenplan. Denn nur der jeweilige Bearbeiter oder das Team hat das Detailwissen über die Aktivität, Randbedingungen und Prozeßschnittstellen. Die Prozeßverantwortung bleibt auch während der gesamten Projektlaufzeit beim Projektteam bzw. Prozeßbearbeiter bestehen. Darin sind auch die ständige Aktualisierung des Prozeßplans sowie die Problembehebung eingeschlossen. Die Projektleitung gibt in diesem Rahmen nur noch Ecktermine und entsprechende Zusatzinformationen vor.

Im folgenden werden die Einzelschritte der Aktivitätenplanung genauer erläutert (Bild 5-16).

1. Unterteilung der Phasen in Aktivitäten:

Die Phasenverantwortlichen definieren gemeinsam mit den Projektmitarbeitern Einzelaktivitäten, die zur Erreichung des Phasenergebnisses notwendig sind. Das Ziel ist hierbei, möglichst wenige Einzelaktivitäten zu definieren, da dies den Projektüberblick erschwert. Hierbei werden Aktivitäten soweit unterteilt, daß zumindest innerhalb einer Aktivität keine unternehmensübergreifenden Schnittstellen überwunden werden müssen.

2. Planen des Informationsflusses auf Dokumentenebene:

Die Aktivitätenverantwortlichen erweitern die Prozesse um Prozeßergebnisse, die sie von Vorgängerprozessen benötigen, um die eigenen Prozeßergebnisse rechtzeitig und in ausreichender Qualität erbringen zu können. Weiterhin werden auch die eigenen Prozeßergebnisse vervollständigt. Dieses Vorgehen erfolgt iterativ, d. h. die erforderlichen Input-, Control- oder Output-Informationen werden nach und nach von den Projektbeteiligten dezentral ergänzt. Die Projektbearbeiter haben auch die Möglichkeit, Anforderungen an vorhergehende Prozesse zu definieren. So wird beispielsweise die mechanische Bearbeitung

fertigungstechnische Anforderungen an die Konstruktion haben. Diese Anforderungen sind teileabhängig und können deshalb nicht im voraus geplant werden. Weiterhin wird in diesem Schritt damit begonnen, das Produktmodell aufzubauen. Hierbei wird die Produktstruktur weiter detailliert, und Metadaten für Baugruppen und Teile (z. B. Teilebenennung, Klassifizierung, ...) werden vergeben. Die Produktstruktur wird im Projektfortschritt um Dokumente ergänzt, die das Produkt, die Produktionsmittel und auch den Produktionsprozeß beschreiben (z. B. CAD-Zeichnungen oder CNC-Programme).

3. *Planen des Informationsflusses auf Attributebene:*

Die Informationen, die zwischen Prozessen übertragen werden sollen, können nicht nur auf Teile- oder Dokumentenebene, sondern auch auf Attributebene abgestimmt werden. Das Informationsobjekt (Output/Input) wird hierbei von einem Bearbeiter definiert und mit einem beschreibenden Attribut versehen. Anschließend ergänzt ein anderer Bearbeiter das Informationsobjekt um ein weiteres Attribut. Durch dieses Vorgehen können beispielsweise geometrische Anforderungen (Ausformschrägen, Radien, ...) zwischen Geschäftsprozessen abgestimmt werden.

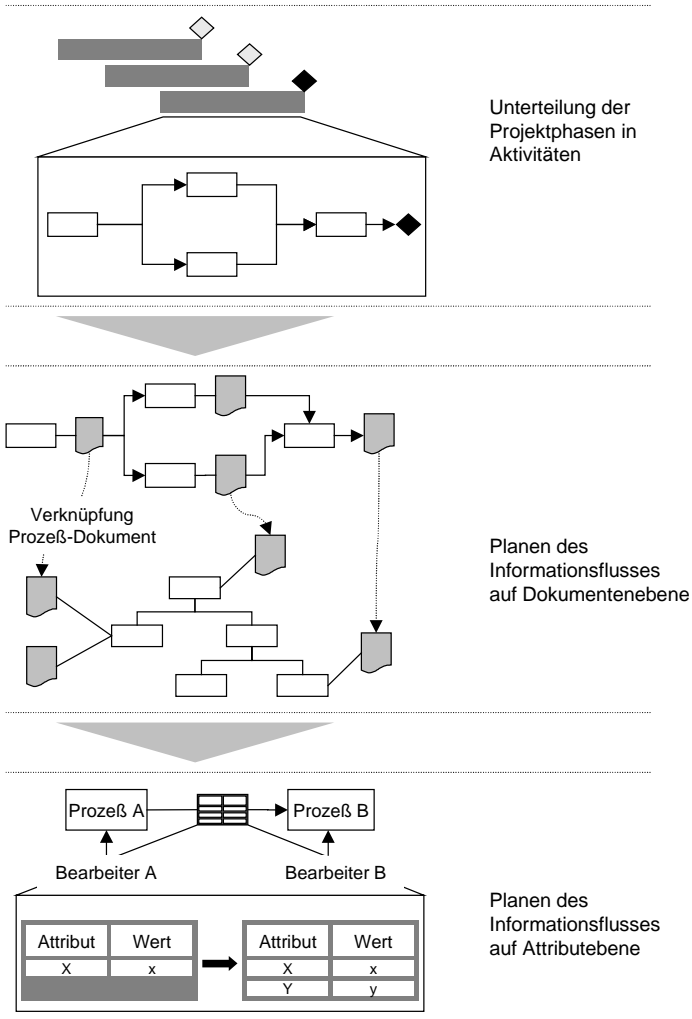


Bild 5-16: Aktivitätenplanung auf der operationalen Ebene

5.6.3 Auftragsabwicklung

Ist die Projektplanung vorerst abgeschlossen, kann das Projekt abgewickelt werden. Hierbei werden folgende Einzelschritte durchgeführt:

1. Verteilung von Aufgaben:

Aus den Geschäftsprozessen werden sogenannte *TODOs* bzw. *Aufgaben* generiert, die an die zugewiesenen Bearbeiter verteilt werden. Den *TODOs* sind über die Verweise (Input, Output, Control) alle für die Durchführung der Aufgabe notwendigen Informationen zugeordnet. Soll beispielsweise ein 3D-CAD-Modell weiterverarbeitet werden, so ist das entsprechende Dokument über die Dokumentenstammdaten der Produktstruktur als Input zugewiesen und erscheint in dem *TODO* als Verweis (Bild 5-17). Über die vorhandenen Verbindungen kann diese Datei direkt zum Bearbeiter übertragen werden. Nach der Durchführung der Aufgabe werden die erzeugten bzw. geänderten Daten wieder in dem zentralen Modell abgelegt.

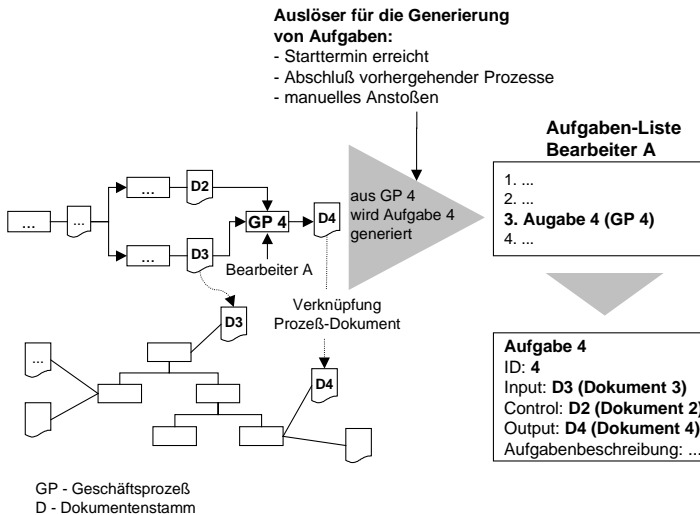


Bild 5-17: Aus Geschäftsprozessen werden Aufgaben (TODOs) generiert und bei den Projektbearbeitern mit Verweisen auf Dokumente eingelastet

2. Projektüberwachung

Die Integration kann weiterhin für die Projektüberwachung und -steuerung verwendet werden. Hierzu werden bestimmte Stati für Geschäftsprozesse definiert, die über den aktuellen Stand der Tätigkeit informieren. Mögliche Stati sind:

- *nicht verteilt*: Dem Prozeßbearbeiter wurde der Prozeß noch nicht als Aufgabe eingelastet.
- *verteilt*: Der Prozeßverantwortliche hat den Prozeß als Aufgabe in seiner Aufgaben-Liste, hat allerdings noch nicht mit der Durchführung der Aufgabe begonnen.
- *in Arbeit*: Der Prozeßverantwortliche hat mit der Durchführung der Aufgabe begonnen.
- *abgeschlossen*: Die Aufgabe ist abgeschlossen.

Der Status eines Geschäftsprozesses kann entweder manuell durch die Projektmitarbeiter eingestellt werden, oder es wird ein Automatismus hinterlegt, der beispielsweise einen Prozeß dann als *abgeschlossen* kennzeichnet, sobald die als Output zugewiesenen Dokumente im zentralen Modell freigegeben werden.

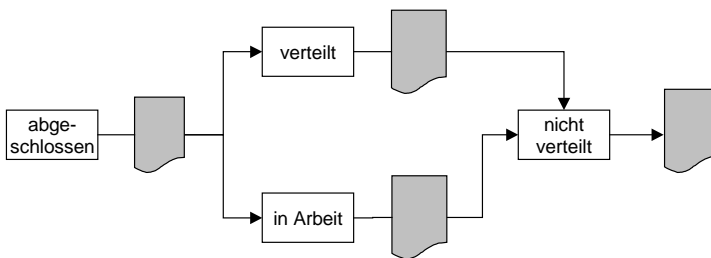


Bild 5-18: Projektüberwachung anhand der Stati von Aktivitäten

3. Projektsteuerung

Der aktuelle Stand der Arbeitspakete wird in das zentrale Prozeßmodell zurückgemeldet. Dadurch kann von den Projektbeteiligten, vor allem aber von dem Projektleiter, zu jeder Zeit der aktuelle Projektstand abgefragt werden (Bild 5-18). Projektverzögerungen sind somit schnell zu erkennen. Um auf Projektverzögerungen reagieren zu können, müssen die Projektphasen und Geschäftsprozesse sowie deren Strukturen während der Laufzeit geändert werden können.

Diese Vorgehensweise ermöglicht eine effiziente Projektplanung und -abwicklung in virtuellen Fabriken unter Einbeziehen des Detail-Know-hows der Projektmitarbeiter.

5.7 Zusammenfassung

Das vorgestellte Konzept geht von drei entscheidenden Ansätzen aus, die auch die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale zum konventionellen Vorgehen darstellen:

1. Alle Daten werden über die Unternehmensgrenzen hinweg strukturiert in einem *logisch zentralen Modell* verwaltet. Physikalisch können Dokumente allerdings nach wie vor lokal bei den Unternehmen gehalten werden.
2. Die Verwaltung der Daten wird mit *gemeinsamen Methoden und Werkzeugen* des Unternehmensnetzwerks durchgeführt und nicht mit individuellen Werkzeugen der jeweils an einer virtuellen Fabrik beteiligten Firmen. Nur zur Verarbeitung der Daten werden individuelle Anwendersysteme, wie beispielsweise CAD-Systeme, eingesetzt.
3. Die Produkt- und Prozeßdaten werden *integriert* betrachtet und die Funktionen zum Produktdaten- und Prozeßmanagement werden auf das integrierte Modell angewendet.

Das Konzept ermöglicht somit auch in dynamischen Unternehmenskooperationen eine unternehmensübergreifend strukturierte Verwaltung aller zu einem Projekt oder Produkt gehörenden Daten. Das Projekt wird ebenso wie das Produkt über alle beteiligten Unternehmen hinweg transparent abgebildet.

Der unternehmensübergreifende Informationsfluß kann von allen Projektbeteiligten gestaltet und modelliert werden. Dadurch, daß die Modellierung direkt von den Projektmitarbeitern durchgeführt wird, können nicht nur Standard-Prozesse, sondern vor allem auch ad-hoc-Prozesse abgebildet werden. Den Geschäftsprozessen sind hierbei Produktdaten zugewiesen, die durch die Prozesse geleitet werden. Die Projektmitarbeiter haben durch die Geschäftsprozeßmodellierung die Möglichkeit, ihr Detail-Know-how frühzeitig in die Planung einzubringen. Die teilautomatische Generierung von Aufgaben aus den Geschäftsprozessen lastet Arbeitspakete bei den Projektbearbeitern ein. Den Aufgaben sind alle zur Durchführung notwendigen Informationen zugewiesen. Durch die teilautomatische Rückmeldung der Stati von Aufgaben liegt immer eine transparente Prozeßübersicht vor, auf der Verzögerungen frühzeitig zu erkennen sind.

6 Softwaretechnische Umsetzung

Nachdem das Konzept erläutert wurde, wird in diesem Kapitel die softwaretechnische Umsetzung vorgestellt. Mit der Entwicklung des Software-Prototypen wurde das Ziel verfolgt, die Brauchbarkeit des Ansatzes nachzuweisen. Die Umsetzung erfolgt entsprechend der in Abschnitt 4.4 spezifizierten Anforderungen. Der Prototyp trägt die Bezeichnung UDP (Unternehmensübergreifendes Daten- und Prozeßmanagement). UDP unterstützt die dezentrale Planung und Abwicklung von Projekten in virtuellen Fabriken. Im folgenden werden das Datenmodell, die Architektur und die Grundlagen der Implementierung vorgestellt. Weiterhin werden das Funktionsmodell und die graphische Benutzeroberfläche beschrieben.

6.1 Spezifikation des Datenmodells

Das Datenmodell muß in der Lage sein, die notwendigen Produktdaten, Prozeßdaten, Vorgehensweisen und Funktionen abzubilden. Auch hier stehen der integrative Aspekt zwischen Produktdaten- und Prozeßdaten sowie die dynamische, unternehmensübergreifende Projektplanung und -abwicklung im Mittelpunkt der Betrachtung.

Der Standard STEP stellt vor allem im Produktdatenbereich ein umfangreiches Datenmodell zur Verfügung. Hierbei liegen bereits einige Ansätze zur Integration zwischen Produktdaten- und Prozeßmodell vor (LEBER 1996). Deshalb wird der STEP-Standard als Ausgangsbasis verwendet und so angepaßt bzw. erweitert, daß das Datenmodell den Anforderungen des entwickelten Konzepts genügt. Nach einer kurzen Einführung in den Standard wird das Datenmodell vorgestellt, das in die Partialmodelle Prozeß, Produkt und Organisation aufgeteilt ist.

6.1.1 Produktdatennorm STEP

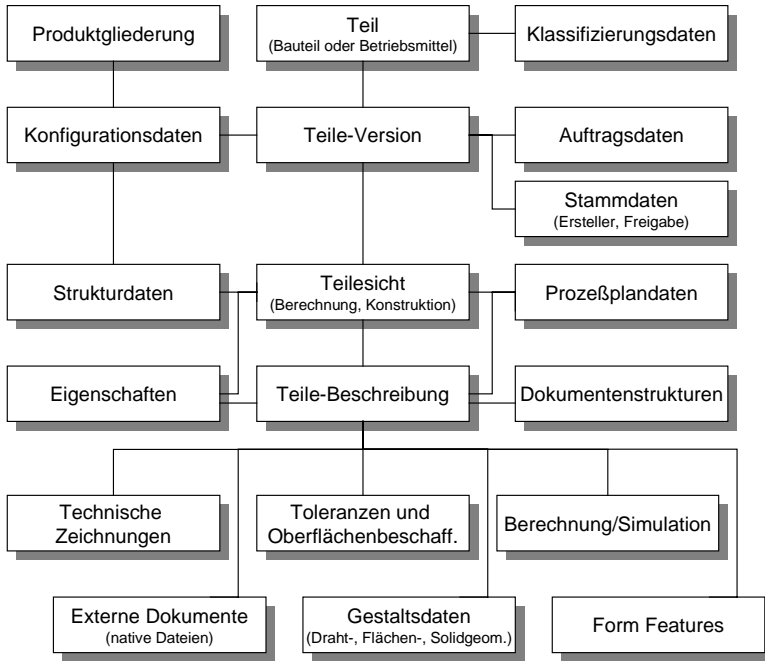
In Abschnitt 3.4.2.7 wurde bereits eine allgemeine Einführung in den Standard gegeben. Deshalb soll im folgenden direkt auf die Vorstellung des Application Protocol AP 214 übergegangen werden, das sich auf die organisatorischen Daten konzentriert und als Basis für das zu entwickelnde Datenmodell verwendet wird.

6.1.1.1 Einführung

Das im Rahmen der ISO 10303 entwickelte Application Protocol AP 214 beschreibt Datenstrukturen, die zur Abbildung von technischen Informationen im Kernbereich der mechanischen Entwicklung relevant sind.

Wie in Bild 6-1 abgebildet, können neben CAD-spezifischen Daten zur Abbildung von Geometrie und technischen Zeichnungen in den durch das AP 214 definierten Datenstrukturen Informationen zu den Bereichen

- Stammdaten (z. B. Freigabe, Version),
- Strukturdaten (z. B. Zusammenbauten, Stücklisteninformation),
- Konfiguration und Aufträge,
- Arbeits- bzw. Methodenpläne,
- Form Features,
- technische Eigenschaften (z. B. Masse, Trägheitsmomente, Material, Recyclingeigenschaften, Toleranzen, Oberflächeneigenschaften) sowie zu
- Teilbereichen aus Berechnung bzw. Simulation dargestellt werden (STEP 1995).



Anmerkung: Linien repräsentieren Beziehungen zwischen den Datentypen

Bild 6-1: Informationen im Application Protocol AP214 (STEP 1995)

6.1.1.2 Modellierung mit EXPRESS-G

Zur konsistenten, widerspruchsfreien und semantisch eindeutigen Beschreibung des Produktmodells von STEP wurde die formale Beschreibungssprache EXPRESS und deren graphische Repräsentation EXPRESS-G definiert. EXPRESS ist Bestandteil von STEP und unter der Nummer ISO 10303-11 veröffentlicht. EXPRESS ist eine Spezifikationsprache (keine Programmiersprache) zur logischen Beschreibung von Informationsmodellen und eignet sich auch zur Informationsmodellierung außerhalb des Gültigkeitsbereichs von STEP.

Bild 6-2 erläutert die Konstrukte der EXPRESS-G Notation, die im Rahmen der Arbeit eingesetzt werden. Erweiterungen der Norm werden mit einem grauen Hintergrund gekennzeichnet. Für eine umfassende Einführung in die Datenmodellierung mit EXPRESS sei auf das "EXPRESS Language Reference Manual" (ISO 10303-11) sowie auf die detaillierten Ausführungen zur EXPRESS-Datenmodellierung von SCHENK & WILSEN (1994) verwiesen.

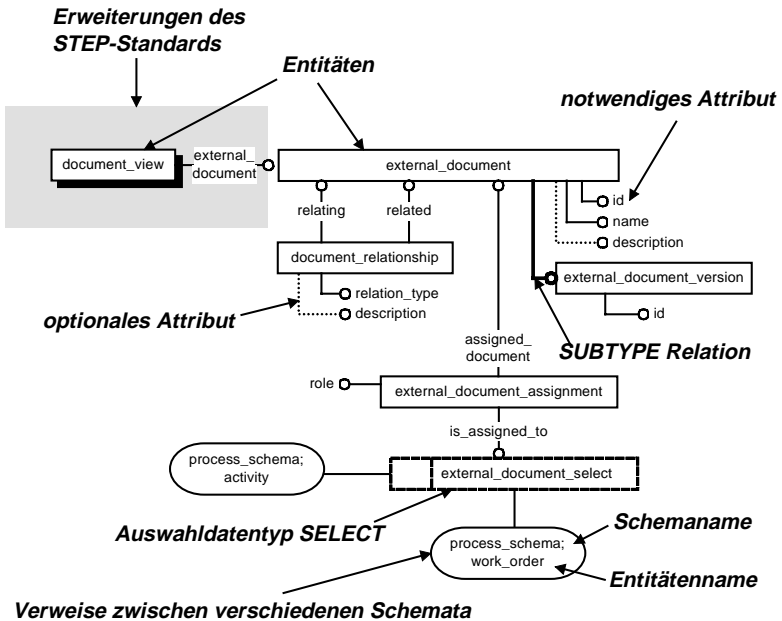


Bild 6-2: Verwendete EXPRESS-G Elemente

6.1.2 Übersicht über das Gesamtmodell

Die Übersicht ist in der graphischen Notation EXPRESS-G dargestellt. Das Datenmodell ist in Module, sogenannte Schemata, bestehend aus logisch grup-

pierten Informationseinheiten (Entities), aufgeteilt. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Schemata zur Repräsentation von

- Prozeßdaten (*process_schema*),
- Produktdaten (*product_schema*) und
- Organisationsdaten (*organization_schema*).

Bild 6-3 gibt eine vereinfachte Übersicht über das Modell und läßt die Integration der einzelnen Teilmodelle über den neu hinzugefügten Datentyp *assignment_element_select* gut erkennen. Über Auswahl datentypen können variable Verbindungen zwischen unterschiedlichen Entitäten abgebildet werden. Im konkreten Fall sind folgende Verbindungen möglich:

Vom Partialmodell "Produkt" (*product_schema*) können die Entitäten *item* (Teil), *ddid*²⁹ (Sicht auf Teil), *external_document* (Dokument) und *document_view* (Dokumentensicht) mit den Entitäten *project* (Projekt), *activity* (Projektphase bzw. Geschäftsprozeß) und *activity_view* (Sicht auf eine *activity*) des Partialmodells "Prozeß" (*process_schema*) verknüpft werden. Ergänzt wird das Modell durch eine integrierte Benutzer- und Rollenverwaltung, die im Partialmodell "Organisation" (*organization_schema*) abgebildet ist.

Bei der Erstellung des Datenmodells wurde darauf geachtet, daß diejenigen Informationen berücksichtigt werden, die in dem gemeinsamen System abgebildet werden. Alle Informationen, die während der Projektabwicklung über standardisierte Schnittstellen zwischen den Unternehmen ausgetauscht werden, können vernachlässigt werden. So hat das entwickelte Konzept beispielsweise keinen Einfluß auf den Austausch von Geometriedaten im IGES-, VDA-FS- oder STEP-Format. Diese Geometriedaten werden als Dokumente in dem zentralen System verwaltet und können auch über das System ausgetauscht werden. Die Inhalte dieser Dokumente werden allerdings nicht betrachtet. Eine Integration auf dieser detaillierten Ebene ist zwar prinzipiell möglich, für den Einsatz in virtuellen Fabriken würde diese Integrationstiefe allerdings die Flexibilität zu sehr einschränken. KAISER (1997) beschreibt beispielsweise eine Integration

²⁹ *ddid* – *design_disciplin_item_definition*

zwischen Produkt- und Produktionsdaten auf Feature-Ebene, die in dieser Tiefe nicht in dynamischen Unternehmenskooperationen eingesetzt werden kann.

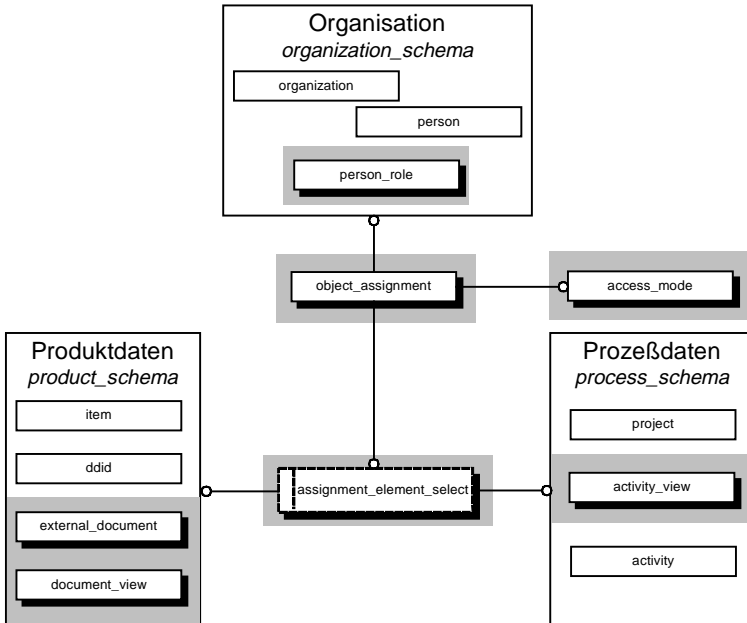


Bild 6-3: Prinzipielle Darstellung der Integration der Produktdaten mit den Prozeßdaten über die Erweiterung "assignment_element_select" (grau hinterlegte Felder sind Erweiterungen des STEP-Standards)

In den folgenden Abschnitten werden die Schemata des integrierten Produkt- und Prozeßmodells erläutert.

6.1.3 Partialmodell "Prozeß"

Im *process_schema*, das in Bild 6-4 dargestellt ist, werden Projekte (*project*) mit geplanten und tatsächlichen Start- und Endzeiten (*actual_start_date*, *actu-*

al_end_date, *planned_start_date*, *planned_end_date*) verwaltet. Über Beziehungen zwischen Projekten (*project_relationship*) können Projektstrukturen definiert werden. Einem Projekt sind Prozesse (*activity*) zugeordnet. Prozesse stellen hierbei Projektphasen und auch Geschäftsprozesse dar. Dies wird über den Typ (*type*) des Prozesses angegeben. Ein Prozeß hat zudem eine Beschreibung (*description*) und einen Status (*status*). Prozesse können hierbei die in Kapitel 2 beschriebene Stati einnehmen.

Projektphasen können ebenso wie Geschäftsprozesse zueinander in Beziehung gestellt werden (*activity_relationship*). Prozesse auf einer Ebene können Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen haben. Die Darstellung paralleler Prozesse erfolgt über das Objekt *simultaneous_activity*.

Prozesse können aber auch ohne Beziehung zueinander stehen, wie dies zum Beispiel bei der Anordnung von Projektphasen sinnvoll ist. Meilensteine sind besondere Ausprägungen von Prozessen (*type* = "gateway"). Über Eltern-Kinder-Beziehungen werden Geschäftsprozesse Projektphasen untergeordnet.

Prozesse können mit Teilen (*item*, wobei ein Teil ein Produkt, eine Baugruppe oder ein Bauteil sein kann) und Teileversionen (*item_version*) verknüpft werden. Den Prozessen sind Rollen (*person_role*) zugewiesen, welche den Prozeß durchführen. Es gibt die Möglichkeit, zwischen Prozessen und Organisationseinheiten Verträge (*contract*, *organization*) abzuschließen. Prozesse werden über einen Auftrag (*work_order*) bei Bearbeitern eingelastet. Dieser Auftrag enthält alle notwendigen Informationen über den durchzuführenden Prozeß.

Um zum einen ein umfassendes transparentes Prozeßmodell zu modellieren und zum anderen vertrauliche Informationen vor unerlaubtem Zugang zu schützen, wurde das STEP-Modell um Sichten auf Prozesse erweitert. Hierfür wurden mehrere Objekte eingeführt. Das zentrale Objekt ist die *activity_view*. Sie beschreibt eine Ansammlung von Prozessen, die Personen oder Organisationen zugewiesen werden kann. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, daß jeder Person nur die Informationen über das Prozeßmodell zur Verfügung gestellt werden, die für diese Person auch bestimmt sind. Über die Zuweisung von Elementen (*activity_view_element*) kann gesteuert werden, daß Prozesse zwar sichtbar sind, auf zugewiesene Elemente aber nicht zugegriffen werden kann.

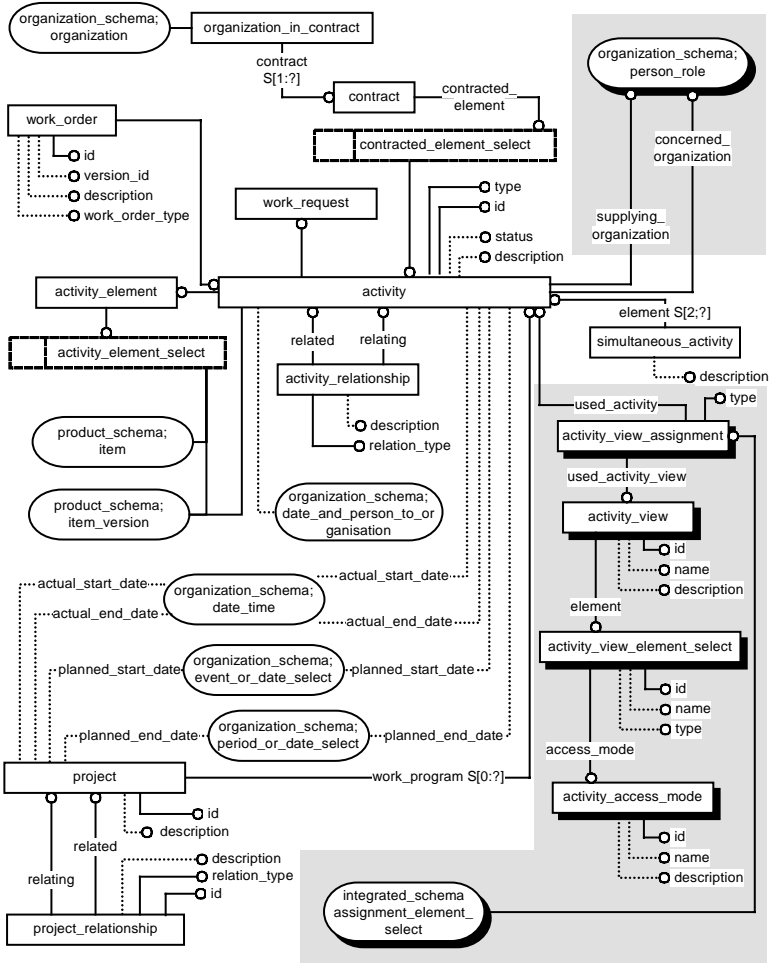


Bild 6-4: process_schema

Einen wesentlichen Aspekt der vorgestellten Methodik stellt die im Konzept beschriebene Abbildung des Informationsflusses auf Basis der SADT-Methode dar. Das STEP-Modell wurde hierfür so erweitert, daß Beziehungen zwischen

Prozeßsichten (*activity_view*), Dokumentsichten (*document_view*) und Projekten (*project*) definiert werden können. Unter Einbeziehung des Prozeßelements können die Dokumente den Aufgabenlisten (*work_order*) zugeordnet werden. Die Benutzer erhalten dadurch in ihren Rollen TODOs eingelastet, denen neben der Aufgabenbeschreibung die notwendigen Dokumente mit den jeweiligen Dateinamen und Speicherorten zugeordnet sind.

Weiterhin unterstützt das Modell die Verknüpfung von Prozessen mit Hilfe von Input-, Control- und Output-Elementen. Hierfür werden den zugeordneten Objekten über das Attribut *type* des Objektes *activity_view_assignment* die Typen Input, Output und Control zugewiesen. Möchte ein Projektmitarbeiter bei einem anderen Projektmitarbeiter Informationen bezüglich der Gestaltung einer Schnittstelle anfragen, so wird dies über das Objekt *work_request* realisiert. Die Relation zum zugehörigen Prozeß sorgt dafür, daß der Bearbeiter weiß, auf welchen Prozeß sich die Anfrage der gemeinsamen Schnittstellengestaltung bezieht.

6.1.4 Partialmodell "Produkt"

Im *product_schema* sind Objekte aufgeführt, die im wesentlichen die Produktstruktur, Teile und Dokumente sowie zugehörige Stammdaten verwalten (Bild 6-5).

Produkte, Baugruppen und Bauteile stellt das Objekt *item* dar, das im folgenden als Teil bezeichnet wird. Für Teile existieren Versionen (*item_version*), die wiederum zueinander im Verhältnis stehen (*item_version_relationship*). Dadurch kann die Historie von Teileversionen nachvollzogen werden. Den Teileversionen sind wiederum Teilesichten bzw. Verwendungszwecke (*design_discipline_item_definition*) zugeordnet. Entsprechend einer Aufgabe oder eines Zwecks können dadurch gewisse Produktdaten ausgewählt werden.

Zur Beschreibung von Baugruppenstrukturen wird der Objekttyp *next_higher_assembly* verwendet. Er definiert ein Element der Baukastenstückliste. Die Baukastenstückliste einer Baugruppe ergibt sich somit durch die Menge aller Baugruppenstrukturbeziehungen, die zu einer Baugruppe definiert sind. Die Strukturstückliste ergibt sich aus der mehrstufigen hierarchischen Anordnung von Baugruppenstrukturbeziehungen, d. h. der mehrstufigen hierar-

chischen Anordnung von Unterbaugruppen und Einzelteilen. Um für verschiedene Einsatzbereiche unterschiedliche Baugruppenstrukturen beschreiben zu können, bezieht sich der Objekttyp *next_higher_assembly* auf den Objekttyp Verwendungszweck (*design_discipline_item_definition*).

Über die STEP-Erweiterung *assignment_element_select* können Projektarbeitern unterschiedliche Sichten und Zugriffsrechte auf Bereiche der Produktstruktur eingeräumt werden. Die Rechte werden vererbt, d. h. wenn eine Baugruppe einem Benutzer nicht zur Anzeige freigegeben wird, dann sind auch alle Einzelteile und zugehörigen Elemente der Baugruppe für den Benutzer gesperrt.

Produkte, Baugruppen, Bauteile, Produktionsdaten usw. werden häufig mit Hilfe von Dokumenten beschrieben und abgespeichert. In virtuellen Fabriken werden die einzelnen Schritte der Wertschöpfungskette in unterschiedlichen Unternehmen durchgeführt und die Dokumente sind deshalb auf mehrere Unternehmen verteilt. Trotzdem muß aber im integrierten Produktdaten- und Prozeßmodell eine integrierte Verwaltung der Dokumente umgesetzt werden. Zu diesem Zweck werden externe Dokumentbeziehungen (*external_document_assignment*) definiert, die auf digitale Dokumente (*digital_model*) verweisen. Die digitalen Dokumente besitzen einen Dateinamen (*file_name*) und einen Speicherort (*location*), der auf den Daten-Server des Unternehmens zeigt, auf dem dieses Dokument physikalisch gespeichert ist. Dokumente können nach Dokumenttypen (*document_type*, z. B. CAD-Daten) unterschieden werden und sie können auch versioniert werden (*external_document_version*).

Die Dokumentenverwaltung des AP 214 wurde um Dokumentsichten (*document_view*) erweitert. Dadurch können anwendungsspezifisch unterschiedliche Sichtweisen der Dokumentenstammdaten erzeugt werden, was vor allem auch in Bezug auf die Vertraulichkeit von Informationen von Bedeutung ist. Hierfür sind mit dem Objekt *access_mode* entsprechende Zugriffsrechte definiert. Dokumente können nicht nur Teilesichten (*ddid*) sondern auch Projekten (*project*) zugeordnet werden. Typische Dokumente, die Projekten zugewiesen werden, sind beispielsweise Produktspezifikationen oder Projektkalkulationen.

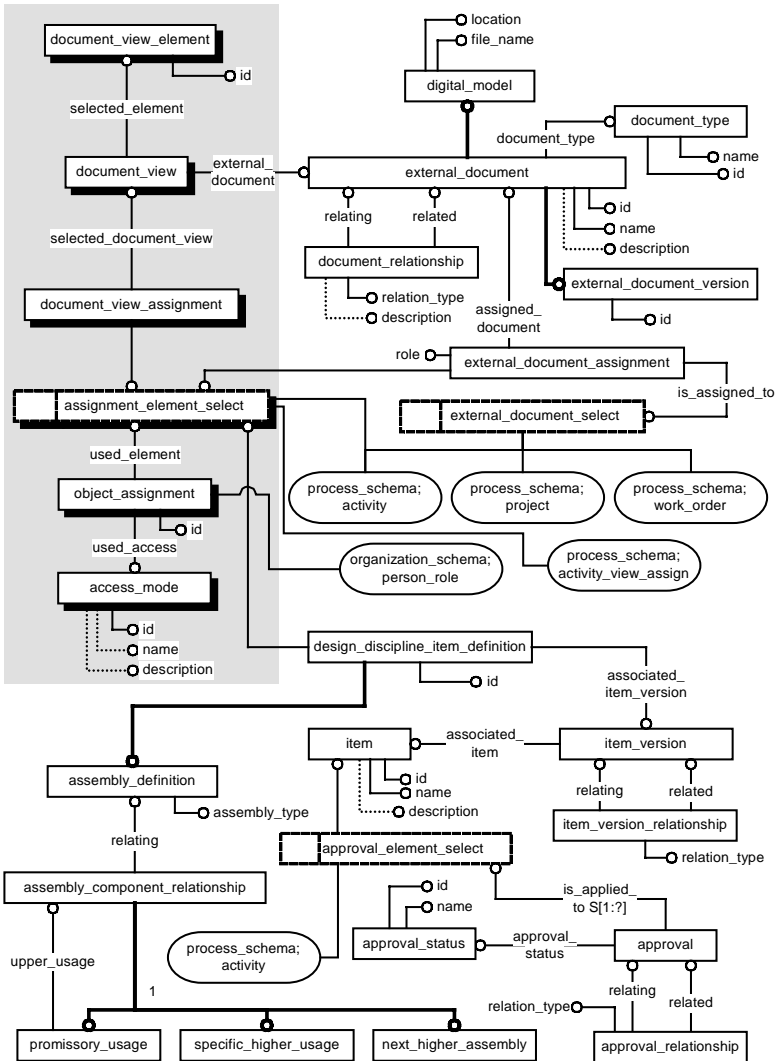


Bild 6-5: product_schema

6.1.5 Partialmodell "Organisation"

Die wesentlichen Objekte im Partialmodell *Organisation* sind Personen, Rollen und Organisationseinheiten. Das Partialmodell ist in Bild 6-6 dargestellt.

Eine Organisationseinheit (*organization*) kann ein Unternehmen, eine Abteilung oder auch eine virtuelle Fabrik sein. Organisationseinheiten stehen in unterschiedlichen Beziehungstypen (*relation_type* bei *organization_relationship*) zueinander. So ist beispielsweise eine Abteilung einem Unternehmen untergeordnet, während ein Unternehmen wiederum Partner in einer virtuellen Fabrik ist. In den Organisationseinheiten befinden sich Personen (*person*), wobei eine Person auch in mehreren Organisationseinheiten vertreten sein kann.

Um die Flexibilität des Gesamtmodells aufrecht zu erhalten, wird das STEP-Modell im Bereich der Personenverwaltung um den Objekttyp Rolle (*person_role*) erweitert. Eine Person kann beispielsweise in einem Projekt als Projektleiter fungieren und in einem anderen Projekt als Projektmitarbeiter. Einer Rolle sind eine oder mehrere Personen zugewiesen.

Rollen können ebenfalls mit Sichten verknüpft werden. Sichten sind sowohl für das Produkt- als auch für das Prozeßmodell möglich. Je nach Sichtweise werden dem Bearbeiter bestimmte Informationen angezeigt.

Das Partialmodell Organisation beinhaltet weiterhin allgemeine organisatorische Daten, wie beispielsweise Datum (*date*) und Uhrzeit (*time*), die den unterschiedlichen Objekten zugewiesen werden können.

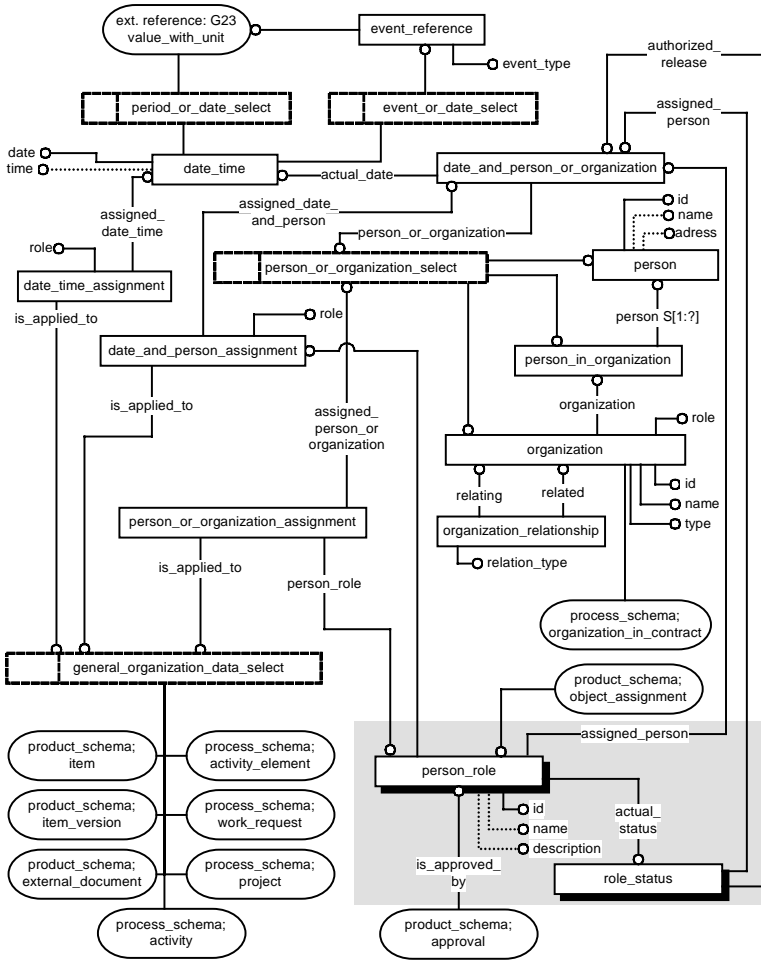


Bild 6-6: organization_schema

6.2 Architektur von UDP

Nach der Beschreibung des Datenmodells wird in diesem Abschnitt die Architektur des Softwarewerkzeugs vorgestellt (Bild 6-7). Den Anforderungen entsprechend ist das System durch den Einsatz moderner I&K-Technologien geprägt. Den Kern des Systems bildet ein Datenbanksystem mit einem Web-Server, auf dessen Basis das Datenmodell implementiert ist. Auf diesem zentralen Server werden die Metadaten des integrierten Produkt- und Prozeßmodells gespeichert. Die Nutzdaten liegen in Form von Dokumenten auf den Netzwerksystemen der Partnerunternehmen. Der Server steht bei einem beliebigen Unternehmen im Unternehmensnetzwerk. Es wäre aber auch denkbar, daß der Server von sogenannten VANS³⁰ betrieben wird.

Bei einer Anfrage über einen UDP-Client werden Metadaten (Teilestamm, Produktstruktur, Dokumentenstamm, Prozeßstruktur, ...) direkt aus dem zentralen Datenserver zum Anwender übertragen. Werden Dokumente angefragt, wird über einen Hyperlink auf die Datenbank oder das File-System des Projektpartners zugegriffen und die Daten werden über das Internet übertragen. Bei der Metadatenverwaltung wird somit das Prinzip des *Data-Sharing*, also der gemeinsamen Nutzung von Daten verfolgt, während bei den Dokumenten nach dem Prinzip des *Data-Exchange* verfahren wird (vgl. Abschnitt 3.4.2.7).

³⁰ Bei VANS (Value Added Network Services oder auf deutsch Mehrwertdienste) wird die Datenübertragung von Drittanbietern durchgeführt (MAK 1998).

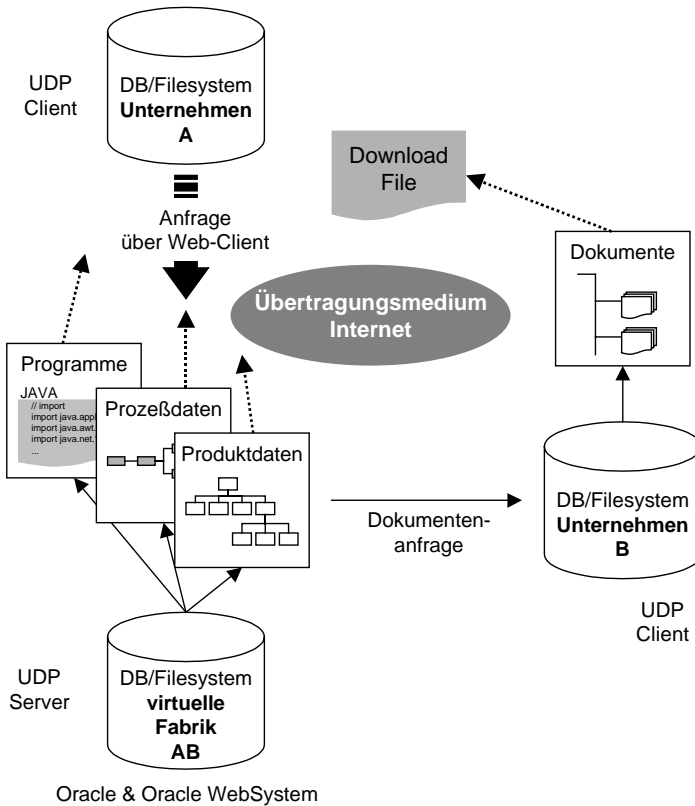


Bild 6-7: Architektur von UDP

6.3 Grundlagen der Implementierung

6.3.1 Datenbanksystem und Programmiersprache

Im Rahmen der Evaluierung wurde das relationale Datenbanksystem Oracle und der Oracle7 WebServer eingesetzt. Dieser kann durch das dynamische

Auslesen von Daten aus der Oracle Datenbank dynamische HTML³¹-Seiten erzeugen. Durch die Übergabe einer URL³² werden PL/SQL³³-Prozeduren gestartet und HTML-Seiten dynamisch generiert.

Die Funktionen zum Modellieren von Prozeß- und Produktstrukturen wurden in der Programmiersprache JAVA umgesetzt. JAVA ist eine noch sehr junge Programmiersprache, die von SUN Microsystems entwickelt wurde. Mit Hilfe von JAVA können Programme unabhängig vom Betriebssystem und der Hardware-Plattform entwickelt und benutzt werden. Der Grund für diese Eigenschaft ist folgende prinzipielle Funktionsweise von JAVA (vgl. FLANAGAN 1996):

1. Das Programm wird durch den Entwickler zu Byte-Code kompiliert, der an die Anwender verteilt wird.
2. Auf dem Rechner des Anwenders nimmt ein Interpreter³⁴ den kompilierten Byte-Code auf und wandelt ihn in Maschinen-Instruktionen um, die der Computer des Anwenders verstehen kann. Hierfür ist allerdings beim Anwender eine sogenannte Virtual Machine³⁵ erforderlich.

Mit JAVA können zwei unterschiedliche Software-Typen entwickelt werden: Applikationen und Applets. Applikationen sind vollwertige Programme und können ohne Internet-Browser ausgeführt werden. Applets müssen dagegen in Web-Dokumente integriert werden (FLANAGAN 1996).

³¹ HTML – Hypertext Markup Language

³² URL – Uniform Ressource Locator: Die URL ist quasi die "Telefonnummer" oder die Adresse, um einen bestimmten Rechner bzw. eine bestimmte Information im Internet anzuwählen. Die URL bestimmt dabei auch das Übertragungsprotokoll, also die Art des Informationsaustausches.

³³ PL/SQL – Procedural Language SQL: PL/SQL ist eine modulare Spracherweiterung von SQL (Structured Query Language) und ermöglicht, daß Datenbankabfragen in eine Ablauflogik innerhalb eines Programms integriert werden können. Hierbei stehen Datentypen zur Verfügung, die ebenfalls in der Datenbank verwendet werden.

³⁴ unterschiedliche Betriebssysteme erfordern unterschiedliche Interpreter

³⁵ eine Virtual Machine ist eine Software, die den JAVA Byte-Code interpretiert und in betriebssystemspezifische Befehle übersetzt

6.3.2 Vorteile durch die eingesetzten Technologien

Die in UDP verwendeten I&K-Technologien führen zu folgenden Vorteilen:

- *Weltweite Nutzungsmöglichkeit:* In fast jeder virtuellen Fabrik sind unterschiedliche Unternehmenskonstellationen vorzufinden. Das Internet als Kommunikationsmedium ermöglicht die informationstechnische Verknüpfung beliebiger Unternehmen.
- *Direkter Zugriff auf Datenbankinhalte und externe Dokumente:* Sogenannte Hyperlinks auf beliebige Informationen ermöglichen den direkten Zugriff auf das Produkt- und Prozeßmodell und die darin zugeordneten physikalischen Dokumente.
- *Redundanzfreiheit:* Teile- und Dokumentenstamm, Produktstruktur, Prozeßmodell und die organisatorischen Daten werden in dem zentralen Modell gespeichert und sind dadurch redundanzfrei.
- *Datenaktualität:* Durch die logisch zentrale Datenhaltung wird gewährleistet, daß alle Benutzer auf dasselbe Modell zugreifen. Werden Modifikationen durch autorisierte Projektmitarbeiter durchgeführt, so stehen diese Änderungen sofort allen Benutzern zur Verfügung.
- *Software-Aktualität:* Dadurch, daß bei jedem Aufruf das Applet mitübertragen wird, steht jederzeit allen Benutzern die aktuellste Softwareversion zur Verfügung. Allerdings muß berücksichtigt werden, daß dieses Vorgehen auch längere Ladezeiten mit sich zieht.
- *Zeit- und Ortsunabhängigkeit:* Durch die Nutzung von E-Mail-Funktionen können Informationen von Projektmitarbeitern aktiv angefordert und Aufgabenpakete aktiv verteilt werden. Liegezeiten von Informationen werden dadurch minimiert. Mitarbeiter können zeit- und ortsunabhängig erreicht werden.
- *Keine Installation auf Seiten der Clients erforderlich:* Dadurch, daß die Programme zentral auf einem Web-Server installiert werden und dort bei Bedarf von den Nutzern heruntergeladen werden, sind auf Client-Seite keine Installationen erforderlich. Es müssen lediglich ein Standard-Internet-Zugang und ein Standard-Web-Browser vorhanden sein.

- *Plattformunabhängig*: Alle Funktionen können über das Internet aufgerufen und plattformunabhängig genutzt werden. Dadurch kann das System sowohl an einem UNIX-basierten CAD-Arbeitsplatz als auch an einem einfachen PC für Office-Anwendungen genutzt werden. Da die Software sowohl in der taktischen als auch operationalen Ebene eingesetzt wird, ist dies unbedingt erforderlich.

6.4 Funktionsmodell und graphische Benutzeroberfläche

Im Funktionsmodell sind die Funktionen abgebildet, die das System zur Verfügung stellt. In Bild 6-8 sind die Hauptfunktionen von UDP dargestellt. Die einzelnen Funktionsbereiche werden im folgenden erläutert.

Funktionen zur Benutzerverwaltung:

Mit den Funktionen der Benutzerverwaltung werden *Personen definiert*, indem Angaben über die Person sowie über die zugehörige Organisationseinheit gemacht werden. Die *Rollenverwaltung* ermöglicht die Definition von projektspezifischen Rollen und die Zuordnung von beliebigen Personen zu Rollen. Über die *Rechteverwaltung* kann die projektphasen- und produktstrukturabhängige Zugriffsregelung gesteuert werden (vgl. Abschnitt 5.3 und 5.4). Die Funktionen der Benutzerverwaltung sind prinzipiell nur für den Systemadministrator zugänglich. Dieser ist verantwortlich für die Verwaltung der Personen. Innerhalb eines Projekts hat auch der Projektleiter Zugriff auf die Verwaltungsdaten und kann projektspezifisch Rollen definieren.

Funktionen zur Produktdatenverwaltung:

Neben der Benutzerverwaltung ist der zweite Hauptfunktionsbereich die *Produktdatenverwaltung*. Mit diesen Funktionen können Produkte, Baugruppen und Bauteile mit definierbaren Attributen, wie beispielsweise "Teilebezeichnung", "ID", "Klassifizierung", "Status" und "Eigner", angelegt und geändert werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, Dokumentenstämme anzulegen und mit den beschriebenen Objekten in Verbindung zu setzen. Die Dokumentenstammdatensätze beinhalten hier u. a. den Namen und den Speicherort der physikalischen Datei. Aus Einzelteilen und Baugruppen kann mit einem JAVA-Applet eine Produktstruktur erzeugt und geändert werden (Bild 6-9).

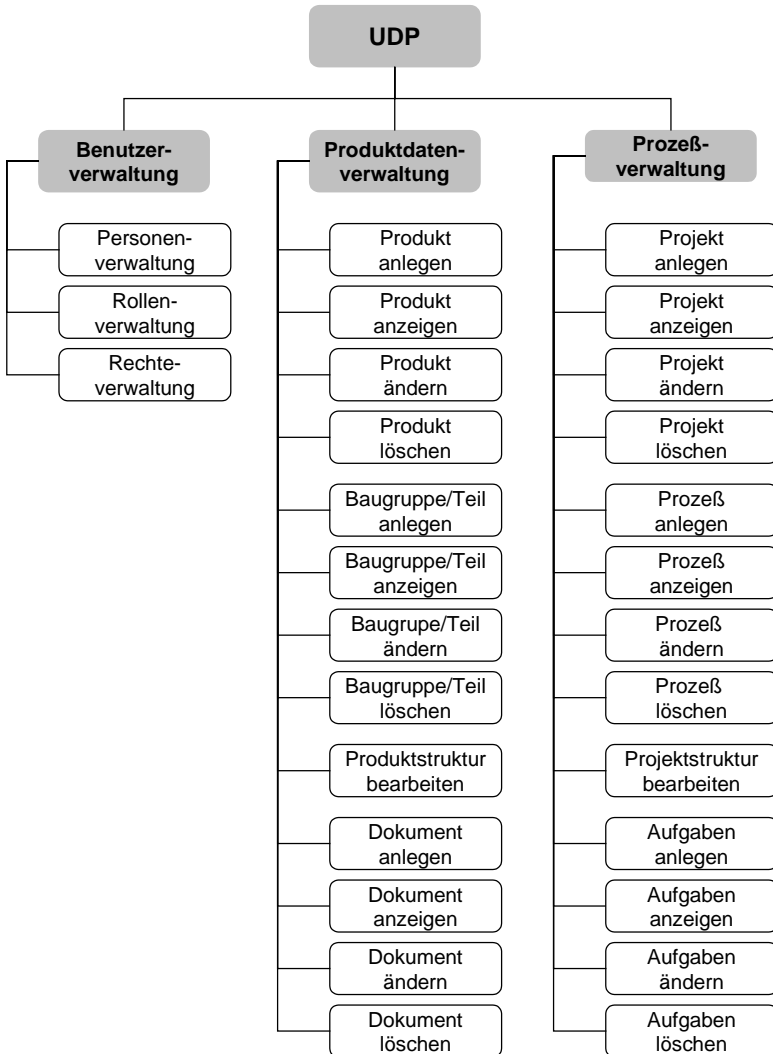
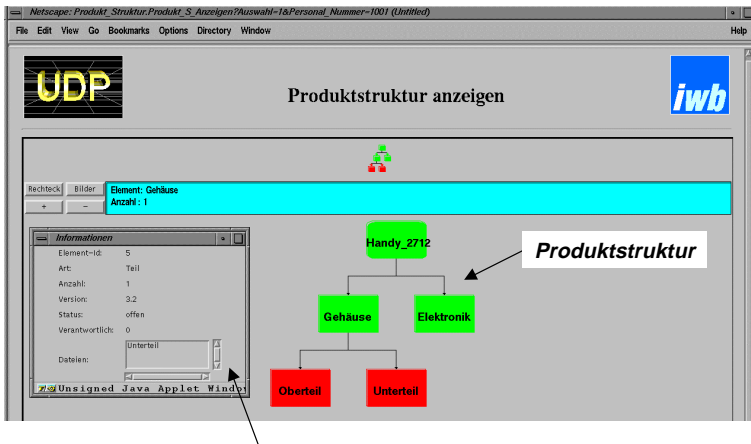


Bild 6-8: Vereinfachtes Funktionsmodell von UDP



**Stammdaten und
Verweise auf externe Dokumente**

Bild 6-9: Graphische Benutzeroberfläche zum Anlegen und Ändern von Produktstrukturen

Funktionen zur Prozeßverwaltung:

Mit der Funktion *Projekt anlegen* der Prozeßverwaltung können neue Projekte definiert werden. Hierfür stehen Attribute, wie beispielsweise "Projektname", "Auftraggeber", "beteiligte Unternehmen" sowie "Plankosten" und "Plantermine", zur Verfügung. Dem Projekt können Pflichtenhefte in Form von Dokumenten zugewiesen werden, die mit Funktionen der Produktdatenverwaltung angelegt werden. Die weiteren Projektfunktionen dienen zum Anzeigen, Ändern und Löschen von Projektstammdaten.

Die Funktion *Prozeß anlegen* ermöglicht die Definition von Projektphasen oder Geschäftsprozessen. Die Prozesse werden in der Planungsphase durch die "Spezifikation der Aufgabe", "geplante Kosten" und "geplante Dauer" sowie zugeordnete Objekte beschrieben. Die "tatsächlichen Kosten" und "tatsächliche Dauer" werden im Projektverlauf eingetragen. Hierbei können den Prozessen Teile oder Dokumente zugewiesen werden. Prozesse können angezeigt, geändert oder gelöscht werden.

Aus mehreren Einzelprozessen kann mit dem JAVA-Applet *Prozeßstruktur bearbeiten* ein Prozeßnetz aufgebaut werden. Projektphasen können hierbei genauso modelliert werden wie Geschäftsprozesse. Hierbei ist es möglich, Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen oder Eltern-Kinder-Beziehungen festzulegen. Bild 6-10 zeigt die Darstellung eines Projektphasenplans in der Balkenplanansicht.

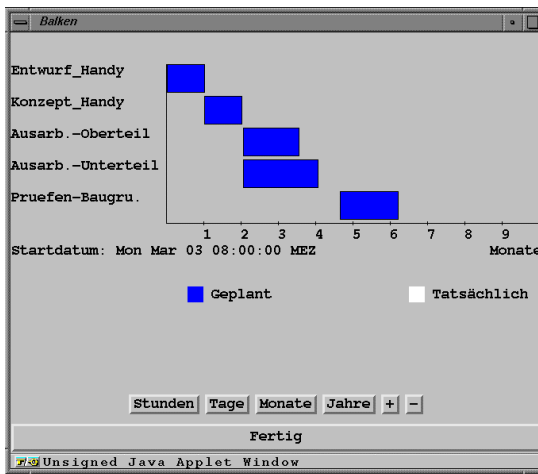


Bild 6-10: Graphische Oberfläche eines Prozeßnetzes in der Balkenplanansicht

Neben der Anordnung von Prozessen zueinander dient dieses Applet auch der Zuordnung von Rollen und Dokumenten zu Prozessen, wie in Bild 6-11 dargestellt ist. Weiterhin werden der kritische Pfad berechnet sowie eine Plan- und Ist-Kostenberechnung auf Basis der von den Benutzern eingegebenen Angaben durchgeführt. In der Netzplanansicht sind die Stati der Prozesse ausschlaggebend für die farbliche Darstellung. Daran kann sofort erkannt werden, in welchem Status sich ein Prozeß befindet. Die Verteilung der Prozesse in Form von Aufgaben mit allen zu dem Prozeß gehörenden Informationen wird von der sogenannten *Workflow-Engine* in UDP durchgeführt. Diese generiert aus den Prozessen Aufgaben und lastet diese bei Bearbeitern ein (siehe auch Abschnitt 5.6.3).

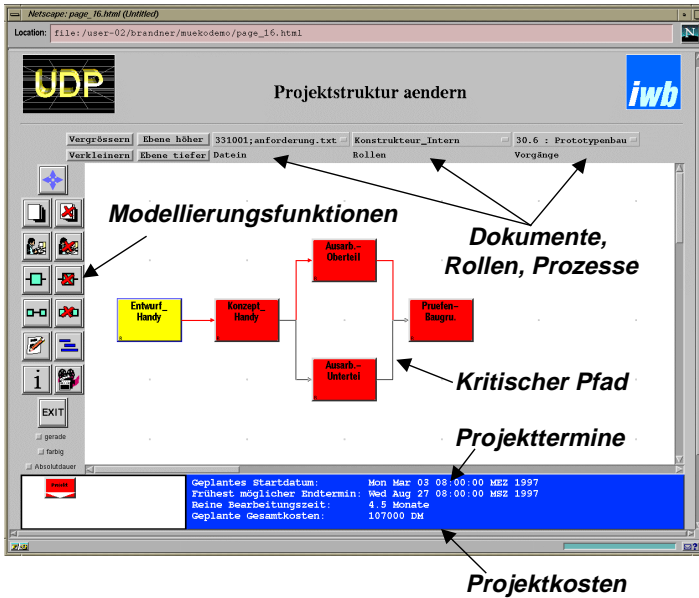


Bild 6-11: Graphische Benutzeroberfläche zum Anlegen und Ändern von Projektstrukturen

Aufgaben können auch jederzeit unabhängig von Projekten definiert werden. Aufgaben werden den Bearbeitern in TODO-Listen vorgelegt. Diese Listen beinhalten alle für die Durchführung der Aufgabe notwendigen Informationen und Verweise auf Produktdaten und Dokumente.

6.5 Zusammenfassung

Für die DV-technische Umsetzung des entwickelten Konzepts ist ein Datenmodell erforderlich. Ausgehend von einem Teilmodell des Application Protocol AP 214 der Produktdatennorm STEP wurde mit der formalen Spezifikationsprache EXPRESS-G ein erweitertes Datenmodell entwickelt. Die wesentlichen Erweiterungen sind Sichten auf Produktstrukturen, Dokumentenstammdaten

und Prozesse. Weiterhin wurden zusätzliche Verknüpfungen zwischen Produktdaten und Prozeßdaten eingefügt.

Das Datenmodell wurde in einer relationalen Datenbank abgebildet. Der Betrieb von UDP erfordert einen UDP-Server, der bei einem Partnerunternehmen im Netzwerk oder auch außerhalb des Netzwerks betrieben werden kann. UDP-Clients können aufgrund des konsequenten Einsatzes von Internet-Technologien vollständig über Internet-Browser bedient und dadurch plattformunabhängig eingesetzt werden. Die eingesetzten Technologien ermöglichen somit einen flexiblen Einsatz des Softwaresystems in beliebigen Unternehmenskonstellationen.

7 Anwendungsszenario am Beispiel des RP-Net.de

Um das entwickelte Konzept zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken zu evaluieren, soll im folgenden ein Anwendungsszenario beschrieben werden. Hierzu wird das vom iwb betriebene Rapid Prototyping Netzwerk *RP-Net.de* gewählt, das bereits in Abschnitt 2.4 kurz vorgestellt wurde.

Einleitend folgt zum besseren Verständnis eine Einführung in die Technologie Rapid Prototyping / Rapid Tooling. Anschließend wird erläutert, wie das entwickelte Konzept einschließlich des Softwaresystems UDP in dem Netzwerk eingesetzt werden kann.

7.1 Einführung Rapid Prototyping / Rapid Tooling

Unter dem Begriff *Rapid Prototyping (RP)* werden in der Fachliteratur alle Fertigungsverfahren zusammengefaßt, die dreidimensionale Körper durch schichtweisen Aufbau erzeugen. Eingesetzt werden diese Verfahren für den Modell- und Prototypenbau von komplexen Bauteilen, um in frühen Entwicklungsphasen Geometrie-, Design- oder Funktionsprüfungen durchzuführen. Der Vorteil von Rapid Prototyping besteht darin, daß ausgehend von den 3D-CAD-Daten in wenigen Stunden Bauteile, unabhängig von der Komplexität, hergestellt werden können (MACHT 1997).

Rapid Prototyping Verfahren eignen sich für die Herstellung von Bauteilen in der Stückzahl 1. Wird eine höhere Stückzahl eines Modells gefordert, können Folgeverfahren, wie beispielsweise das Abformen oder Abgießen, eingesetzt werden (GEUER 1996). Es besteht auch die Möglichkeit, mit Rapid Prototyping Verfahren nicht das Positiv eines Bauteils, sondern das Negativ als Formeinsatz zu fertigen (FÄHRER 1998). Zusammen mit einem Formrahmen wird dann das Prototypenwerkzeug aufgebaut, und die Bauteile können im Serienverfahren hergestellt werden. Dieses Vorgehen wird als *Rapid Tooling (RT)* bezeichnet. Darunter versteht man das schnelle Herstellen von Prototypenwerkzeugen mit Hilfe von innovativen Verfahren, wie beispielsweise dem *Metall-Lasersintern*

oder dem *High Speed Cutting (HSC³⁶)* (REINHART & BREITINGER 1997). Mit Rapid Tooling können nicht nur frühe Geometrie- und Funktionsüberprüfungen am Bauteil durchgeführt werden, sondern es kann auch der Fertigungsprozeß evaluiert werden (BULLINGER U. A. 1996). Sowohl Rapid Tooling als auch Rapid Prototyping werden typischerweise von externen Dienstleistern bezogen. Gründe hierfür sind die hohen Investitionen in RP/RT-Anlagen und das notwendige Spezialwissen zum Bedienen dieser Anlagen (REINHART & BRANDNER 1998).

Mit den technologischen Weiterentwicklungen beim Rapid Prototyping und Rapid Tooling wird das Ziel verfolgt, den Einsatzbereich der Prototypen und Modelle zu erweitern. Um dieses Ziel zu erreichen, werden ständig neue Materialien und neue Fertigungsprozesse entwickelt. Dies führt zu einer Vielzahl von Verfahren und Verfahrenskombinationen, die allein in Deutschland auf über 100 Dienstleister verteilt sind (MACHT 1999). Für die Kunden wird es dadurch zum einen immer schwieriger, das für den jeweiligen Anwendungsfall am besten geeignete Verfahren zu identifizieren und zum anderen denjenigen Dienstleister zu finden, der dieses Verfahren einsetzt (BRANDNER 1999).

Es bietet sich deshalb an, alle RP/RT-Technologien dem Kunden gegenüber gebündelt anzubieten und dadurch sowohl die Verfahrensauswahl als auch die Wahl des geeigneten Dienstleisters zu unterstützen. Um dies zu erreichen, ist ein Unternehmensnetzwerk notwendig, in dem möglichst viele RP/RT-Dienstleister zusammengefaßt sind. Das RP-Net.de ist ein solches Netzwerk. Die Organisationsform des RP-Net.de wird auch als *kompetenzzentriertes Unternehmensnetzwerk* bezeichnet, da alle Netzwerkmitglieder gleiche, ähnliche oder direkt ergänzende Kompetenzen aufweisen (SCHLIFFENBACHER U. A. 1999).

7.2 Unternehmensnetzwerk RP-Net.de

Das RP-Net.de besteht aus Dienstleistern und aus einer Koordinationseinheit. Die Dienstleister haben die Kernkompetenz Rapid Prototyping / Rapid Tooling

³⁶ Hochgeschwindigkeitszerspanung

oder ergänzende Kompetenzen, wie beispielsweise die Projektierung von Rapid Tooling Projekten oder die Werkzeugkonstruktion. Die Dienstleister wickeln weniger umfangreiche Rapid Prototyping Aufträge jeweils alleine ab. Umfangreichere Aufträge, die über die Möglichkeiten eines einzelnen Unternehmens hinausgehen, werden von mehreren Unternehmen des Netzwerks gemeinsam in einer virtuellen Fabrik abgewickelt.

Die Koordinationseinheit betreibt das Netzwerk und führt in diesem Rahmen auch Standards und Softwarewerkzeuge ein, die von allen beteiligten Unternehmen gemeinsam genutzt werden. Z. Zt. wird ein auf Internet-Technologien basierendes standardisiertes Anfrage- und Angebotswesen betrieben, über das sowohl externe Kunden als auch Unternehmen im Netzwerk Anfragen an die Netzwerkmitglieder stellen können (BRANDNER 1998A).

7.3 Exemplarische Projektabwicklung

7.3.1 Projektbeschreibung und Aufbau einer virtuellen Fabrik

In dem Beispielszenario erhält das RP-Net.de eine Rapid Tooling Anfrage, um auf Basis von Entwicklungsdaten in wenigen Wochen das Bauteil auszuarbeiten und metallische Prototypen zu fertigen. Hierbei ist ein seriennahes Verfahren einzusetzen, um Prozeßüberprüfungen durchzuführen. Für diesen Auftrag sind unterschiedliche Kompetenzen notwendig, so daß mehrere Unternehmen des RP-Net.de kooperieren müssen.

Ein Unternehmen im Netzwerk, das sich auf die Projektierung von Rapid Tooling Projekten sowie auf die Konstruktion von Spritz- und Druckgußteilen konzentriert, nimmt den Auftrag an. Dieses Unternehmen wird im folgenden als *Generalunternehmer* bezeichnet, da es dem Kunden gegenüber als Ansprechpartner auftritt. Die für den Auftrag zusätzlich notwendigen Kompetenzen "Werkzeugkonstruktion", "Werkzeugbau", "Lasersintern" und "Druckgießen" werden an Partner im RP-Net.de vergeben (Bild 7-1). Mit der bereits im Netzwerk installierten Anfrage- und Angebotssoftware findet der Generalunternehmer schnell die Partner, die gemeinsam mit ihm eine virtuelle Fabrik zur Abwicklung des kompletten Auftrags bilden.

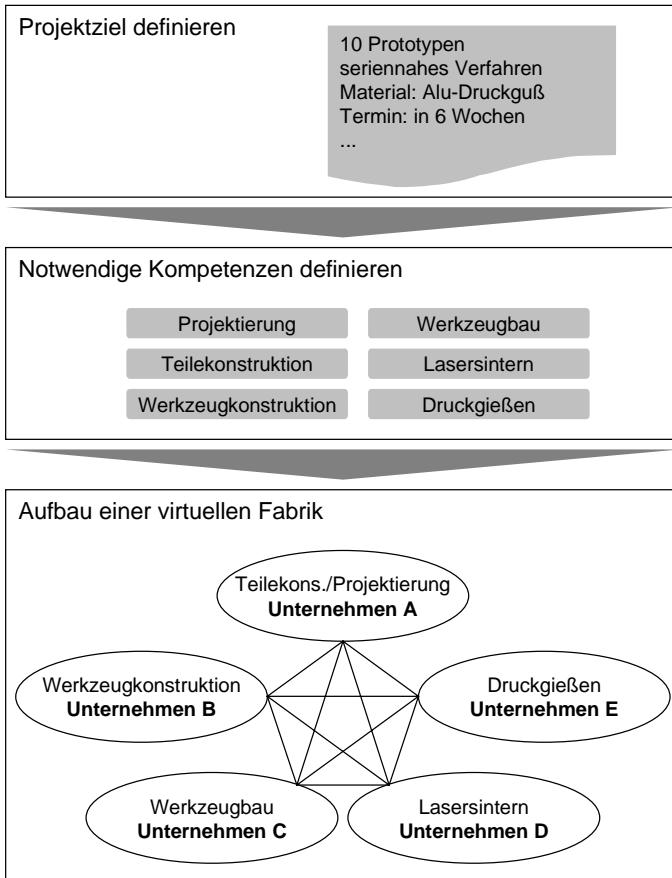


Bild 7-1: Aufbau einer virtuellen Fabrik

7.3.2 Phasenplanung

Ist die virtuelle Fabrik aufgebaut, kann die gemeinsame Planung mit UDP beginnen. Zuerst muß das Projektteam definiert werden, das gemeinsam das Projekt abwickelt. Hierfür werden im System Rollen angelegt, denen wiederum

Mitarbeiter der beteiligten Unternehmen zugewiesen werden. Im Beispiel werden folgende Rollen definiert:

- Rolle "PL" – Projektleiter aus Unternehmen A
- Rolle "TK" – Teilekonstrukteur aus Unternehmen A
- Rolle "WK" – Werkzeugkonstrukteur aus Unternehmen B
- Rolle "WM" – Werkzeugmacher aus Unternehmen C
- Rolle "LS" – Bediener der Lasersinteranlage aus Unternehmen D
- Rolle "DG" – Druckgießer aus Unternehmen E

Anschließend legt der Projektleiter das Projekt in UDP an und erstellt auf Basis der vorhandenen, noch unsicheren Informationen einen ersten Phasenplan mit den Projektphasen Teilekonstruktion, Werkzeugkonstruktion, Werkzeugbau und Druckgießen (Bild 7-2). In den Konstruktionsphasen werden jeweils zwei Meilensteine definiert: Der erste Meilenstein innerhalb der Phasen definiert den Zeitpunkt, zu dem die Konstruktionen im Status "Konzept" vorliegen müssen. Die Konzepte sind dann für die Bearbeiter der Folgeprozesse zugänglich und können bzgl. der Fertigungsgerechtheit frühzeitig beurteilt werden. Der jeweils letzte Meilenstein beschreibt das erwartete Endergebnis der Phasen. Hier sind exakte Anforderungen an das Datenformat und den Speicherort sowie weitere technische und wirtschaftliche Anforderungen an das gewünschte Endergebnis definiert.

Parallel zur Phasenmodellierung stellt der Projektleiter eine Produktstruktur auf, die im Projektverlauf allerdings noch geändert werden kann. In dieser Struktur sind die Zusammenhänge zwischen Projekt, Produkt, Werkzeug und Baugruppen des Werkzeugs definiert (Bild 7-2). In diesem Schritt werden IDs, Benennungen, Klassifizierungen, Verantwortliche für Teile, geplante Kosten usw. vergeben. Der Projektleiter erzeugt in dieser Phase eine unternehmensspezifische Sicht auf die Produktstruktur, in der die Bauteile seinen Anforderungen entsprechend klassifiziert werden.

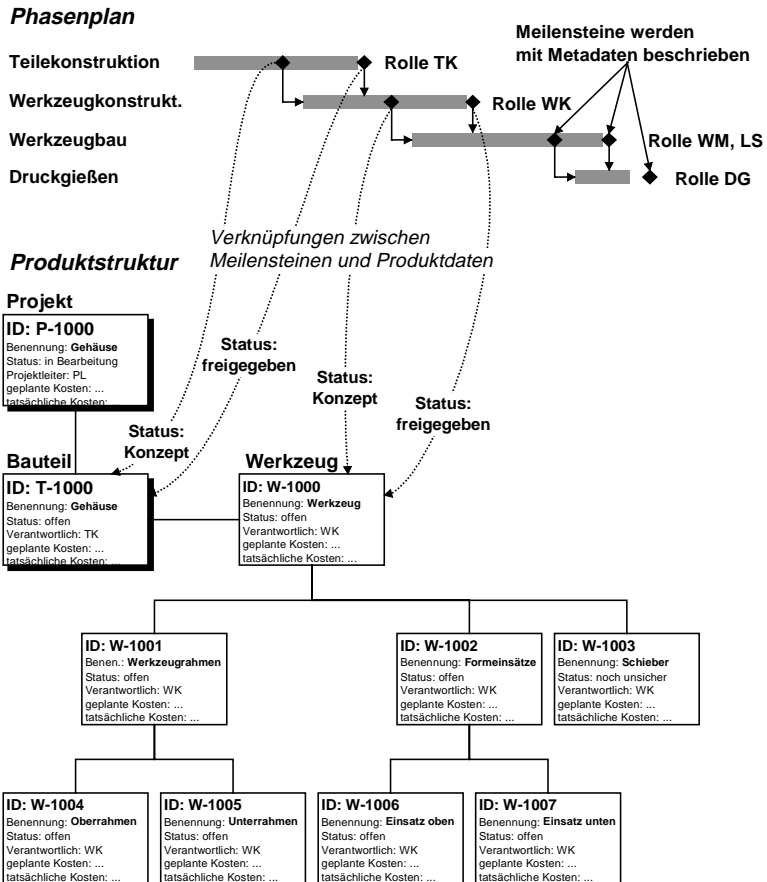


Bild 7-2: Planung der Projektphasen und der Produktstruktur

Nach der Grobplanung vergibt der Projektleiter den Rollen der virtuellen Fabrik Rechte auf das zentrale Phasen- und Produktstrukturmodell. Dadurch erhalten alle Projektbeteiligten Lese- und Schreibzugriff auf das Modell, um die Machbarkeit in den geplanten Terminen zu überprüfen und Kapazitäten abzustimmen. Die Projektbeteiligten können dabei dezentral den Phasenplan und auch

die Produktstruktur anpassen. Ist dies geschehen, wird der Phasenplan "eingefroren" und dient als stabile Planungsgrundlage. Änderungen im Projektverlauf können zwar jederzeit vom Projektleiter eingebracht werden, sollten aber weitestgehend vermieden werden. Bild 7-3 zeigt die Produktstruktur in der graphischen Oberfläche von UDP.

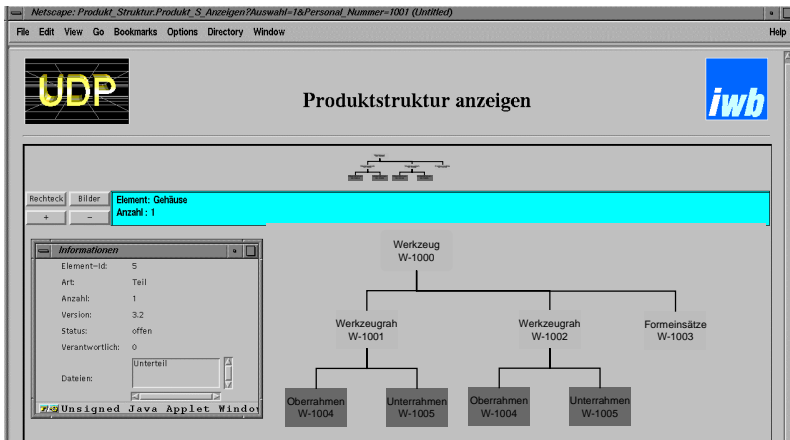


Bild 7-3: Darstellung der Produktstruktur und der Teilestammdaten mit Verweisen auf Dokumente

Bis zu diesem Zeitpunkt wurden durch den Einsatz der Methodik folgende Vorteile erzielt:

- Prozeß- und Produktdaten werden redundanzfrei in der virtuellen Fabrik gehalten.
- Alle Projektbeteiligten haben jederzeit Zugriff auf aktuelle Daten und haben dadurch den gleichen Informationsstand. Produkt- und Werkzeugkonzept sind somit allen Projektbeteiligten bekannt.
- Der Projektleiter hat durch den integrierten Phasen- und Produktstrukturplan eine gute Projektübersicht und kann mit den Zugriffseinschränkungen sensible Daten vor unerlaubtem Zugriff schützen.

7.3.3 Aktivitätenplanung

Nach der Grobplanung beginnt die Planung der Geschäftsprozesse. Um die definierten Ergebnisse der Meilensteine zu erreichen, ist ein umfangreicher und regelmäßiger Informationsaustausch zwischen den Projektbeteiligten notwendig. Um diesen Informationsfluß möglichst effizient zu gestalten und im Gesamtablauf zu optimieren, wird er frühzeitig direkt von den Projektmitarbeitern geplant.

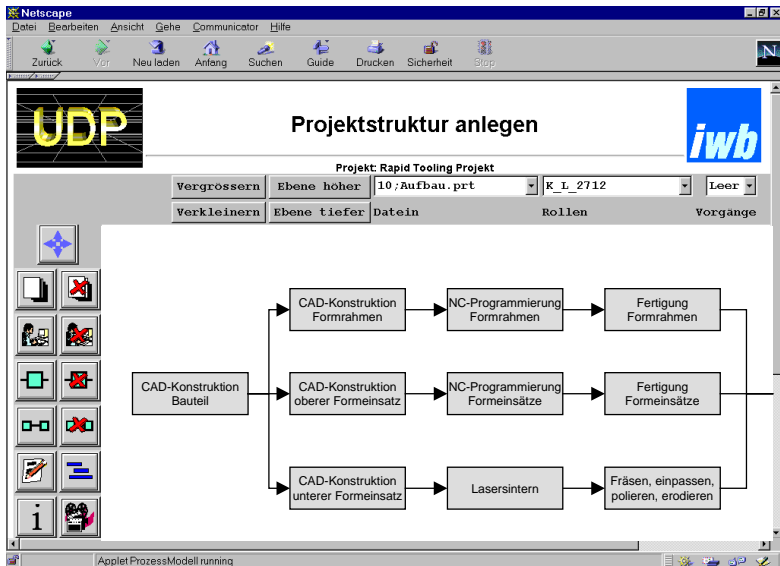


Bild 7-4: Darstellung des Geschäftsprozeßmodells an einem UDP-Client

Jeder Projektmitarbeiter, der für eine Projektphase zuständig ist, leitet aus den definierten Meilensteinenergebnissen Geschäftsprozesse ab, die zur Erreichung der Meilensteinenergebnisse notwendig sind. So definiert beispielsweise der Werkzeugkonstrukteur ausgehend von dem erwarteten Ergebnis "Werkzeugkonstruktion" die Geschäftsprozesse "CAD-Konstruktion Formrahmen", "CAD-Konstruktion oberer Formeinsatz" und "CAD-Konstruktion unterer

Formeinsatz". Als Eingangsinformation benötigt er die CAD-Daten des Bauteils, weshalb er diesen Geschäftsprozeß als Vorgänger modelliert und als Bearbeiter die Rolle "TK" zuweist. Der Teilekonstrukteur (Rolle "TK") wird daraufhin über diese Zuordnung automatisch vom System informiert und weist den Prozessen als Schnittstelleninformation die Stammdaten des 3D-CAD-Modells zu, das er ausarbeiten wird. Das Dokument an sich existiert zu diesem Zeitpunkt noch nicht. Bild 7-4 zeigt das Prozeßnetz in einer Übersicht.

Weiterhin modelliert der Werkzeugkonstrukteur die Folgeprozesse "NC-Programmierung Formrahmen", "NC-Programmierung Formeinsatz" und "Lasersintern" und ordnet sie den verantwortlichen Rollen zu. Er ergänzt die Prozeßschnittstellen mit Verweisen auf die Dokumentenstämme der Werkzeugkomponenten. Auf diese Art und Weise wird das Prozeßnetz ausgebaut. Dadurch, daß alle Projektmitarbeiter über Änderungen im Prozeßnetz informiert werden, haben immer alle Beteiligten den gleichen Informationsstand und ein Verständnis für den geplanten Projektverlauf. Auch ohne daß bereits Dokumente vorhanden sind, können Beziehungen zwischen Dokumentenstämmen und Prozeßdaten aufgebaut werden.

Im Projektverlauf wird der Werkzeugkonstrukteur automatisch informiert, sobald die Teilekonstruktion den Konzeptstand erreicht hat. Er kann direkt auf die CAD-Dokumente zugreifen und beispielsweise die Fertigungsgerechtheit überprüfen. Sind bestimmte Anforderungen nicht erfüllt, so besteht die Möglichkeit, einen neuen Prozeß zu definieren und als Schnittstelleninformation konkrete fertigungstechnische Anforderungen festzulegen (Bild 7-5). Diese Anforderungen werden mit dem Teilekonstrukteur iterativ abgestimmt, bis die endgültigen Anforderungen feststehen. Die Prozesse und deren zugeordnete Produktdaten können geschützt werden, indem die Prozeßbeigener die Rechte der Rollen auf diesen Prozeß entsprechend anpassen. So darf beispielsweise die Rolle "WB" nur während der Projektphase "Teilekonstruktion" Anforderungen an die Teilekonstruktion definieren. Nach Beendigung dieser Phase werden diese Rechte automatisch gesperrt.

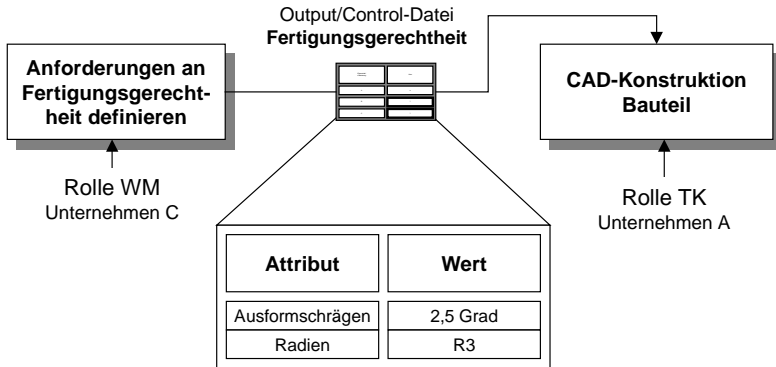


Bild 7-5: Definieren von Anforderungen in Form von Control-Informationen

Anhand der beiden Prozesse "CAD-Konstruktion unterer Formeinsetzung" und "Lasersintern" wird im folgenden die Einbindung von Dokumenten in das Prozeßnetz erläutert (Bild 7-6).

Für das Lasersintern ist zum einen ein 3D-CAD-Modell im STL³⁷-Format notwendig, um die Steuerdateien für den Sinterprozeß generieren zu können, und zum anderen muß eine 2D-Zeichnung vorliegen, um das fertige Teil prüfen zu können. Die 3D-CAD-Datei stellt somit eine Output/Input-Verbindung und die 2D-CAD-Datei eine Output/Control-Verbindung zwischen den beiden Prozessen dar. Beiden Prozessen sind unterschiedliche Projektmitarbeiter über die Rollen "WK" und "LS" zugewiesen. Im Prozeßnetz zeigt ein Verweis auf den Dokumentenstamm "D-1007-02" des zentralen Produktmodells. Dieser beinhaltet einen Verweis zu der Datei "D-1007-02" auf dem WWW-Server des Partnerunternehmens "B". Ähnlich verhält es sich mit der 2D-CAD-Zeichnung mit der ID "D-1007-01". Auf diese Art und Weise verbinden die Projektbearbeiter das Prozeßmodell mit dem Produktmodell.

³⁷ STL – Standard Transformation Language: Triangulierte Darstellung der Oberfläche eines Bauteils. Dieses Format wird benutzt, um CAD-Modelle für RP/RT-Anlagen aufzubereiten.

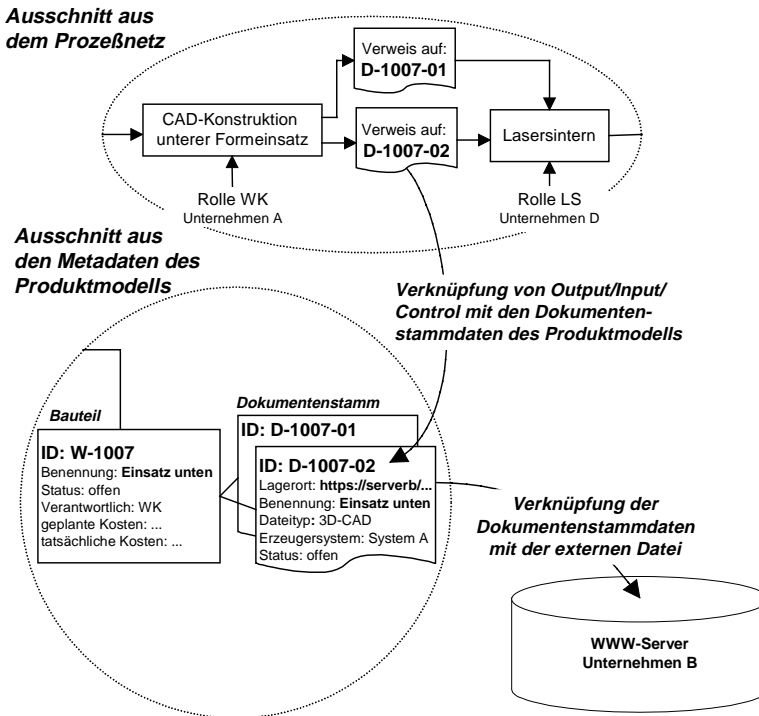
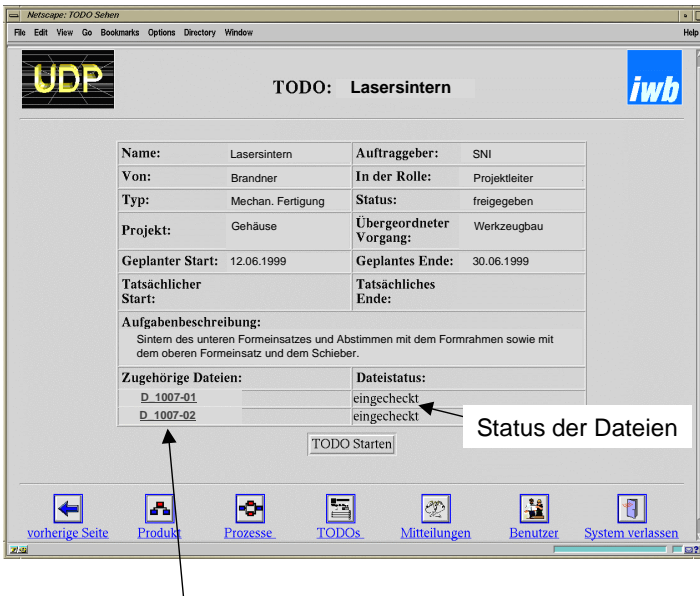


Bild 7-6: Integration der Produktdaten mit den Prozeßdaten

7.3.4 Auftragsabwicklung

Sobald die 3D- und 2D-CAD-Datei den Status "freigegeben" erreicht haben, was durch die Rolle "WK" und bei Bedarf durch einen weiteren Prüfer gesteuert wird, lastet die Workflow-Engine den Geschäftsprozeß "Lasersintern" der Rolle "LS" ein. In der Aufgaben- bzw. TODO-Liste der Rolle "LS" erscheint die Aufgabe "Lasersintern" mit einer Beschreibung der Tätigkeit und des erwarteten Ergebnisses (Output) sowie Verweisen auf die Input- und Control-Dateien (Bild 7-7).



Verweise auf Dateien

Bild 7-7: Generierung von TODOs aus Geschäftsprozessen – Input- und Control-Dateien sind über Hyperlinks zugeordnet

Über Hyperlinks kann der Projektbearbeiter jederzeit die aktuellsten Versionen der Dokumente von dem WWW-Server des Partnerunternehmens "B" in seinen lokalen Arbeitsspeicher laden. Ihm stehen dadurch alle notwendigen Informationen zur Verfügung, so daß er sofort und idealerweise ohne Rückfragen mit der Durchführung der Aufgabe beginnen kann.

Durch die Prozeßtransparenz und Verknüpfung der Prozeß- mit den Produktdaten kann der Projektmitarbeiter der Rolle "D" auch schon vor der Teilefreigabe auf die CAD-Daten zugreifen und die Fertigungsgerechtigkeit überprüfen. Er kann auch gemeinsam mit anderen Projektbeteiligten in die Freigabeprozesse von Teilen und Dokumenten eingebunden werden.

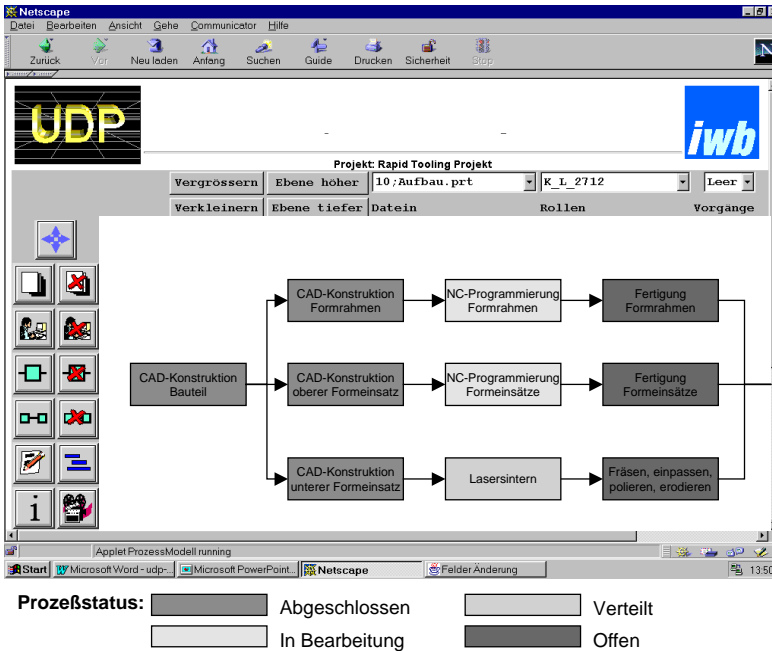


Bild 7-8: Graphische Überwachung des Projektfortschritts

Die Workflow-Engine verteilt alle Geschäftsprozesse, die zur Bearbeitung freigegeben sind, in Form von TODOs an die Bearbeiter. Über die TODO-Liste melden die Bearbeiter den aktuellen Stand an das Prozeßnetz zurück. Die Aktivitäten nehmen je nach Status eine bestimmte Farbe an. Der aktuelle Projektstand kann somit jederzeit sofort erkannt und auf Verzögerungen kann frühzeitig reagiert werden (Bild 7-8).

8 Bewertung und Diskussion des Konzepts

Entscheidend für die Brauchbarkeit des entwickelten Konzepts sind die Potentiale, die mit dem Ansatz ausgeschöpft werden können. Der mögliche Nutzen muß höher sein als der Zusatzaufwand, der durch den Einsatz der Vorgehensweise entsteht. Im folgenden wird der Aufwand und Nutzen des Konzepts diskutiert. Hierbei werden zwei konkrete Rapid Tooling Projekte betrachtet. Im zweiten Teil dieses Kapitels wird aufgezeigt, welchen Einfluß das Konzept auf Mensch, Organisation und Technik hat.

8.1 Aufwand/Nutzen-Abschätzung

8.1.1 Aufwand

Betrachtet man den Zusatzaufwand, der durch den Einsatz des Konzepts im Vergleich zur konventionellen Vorgehensweise entsteht, so sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

1. Hard- und Softwarekosten (einschließlich Betreiberkosten)
2. Zusatzaufwand in der Planung

Das Konzept kann ohne eine Softwareunterstützung nicht ausreichend effizient eingesetzt werden (vgl. Abschnitt 4.4). Da ein entsprechendes Softwarewerkzeug noch nicht kommerziell verfügbar ist, ist die Entwicklung eines speziellen, netzwerkspezifischen Softwaresystems notwendig. Aus der Erfahrung mit der Konzeption und Entwicklung des Softwareprototypen UDP wird für die netzwerkspezifische Softwareentwicklung ein Aufwand von ca. 400 Manntagen à 8 Stunden angesetzt. Bei einem Stundensatz von DM 150,- ergibt sich ein Betrag von DM 300.000,- für die komplette Softwareentwicklung. Bei einem angenommenen Abschreibungszeitraum von 3 Jahren müssen jedes Jahr DM 100.000,- abgeschrieben werden. Hinzu kommen branchenübliche Softwarewartungskosten in Höhe von jährlich 10% des abzuschreibenden Betrags sowie Betreiberkosten (Hardware, Internet-Zugang, Datenübertragung) in Höhe von

ca. DM 20.000,- pro Jahr. Damit ergibt sich insgesamt ein Betrag von DM 130.000,- pro Jahr, den alle Unternehmen eines Netzwerks gemeinsam finanzieren müssen. Verteilt man diesen Betrag auf 25 Unternehmen (vgl. die Praxisbeispiele in Abschnitt 2.4) entfallen auf jedes Unternehmen im Netzwerk Fixkosten in Höhe von DM 5.200,- pro Jahr.

Neben den Fixkosten fallen zusätzlich variable Kosten an. So steigt durch den Einsatz des Konzepts der Planungsaufwand deutlich an. Durch das Vorgehen sind die Mitarbeiter gezwungen, sich frühzeitig über den Informationsfluß im Projekt konkrete Gedanken zu machen, sich gegenseitig abzustimmen und geplante Schnittstellenergebnisse zu modellieren. Deshalb wird in der Kostenabschätzung von einem Planungsanteil von 10% der normalen Arbeitszeit ausgegangen. Darin enthalten ist eine projektbegleitende Schulung bzw. Betreuung der Systembediener.

8.1.2 Nutzen

Durch das integrierte Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken werden folgende wesentlichen Vorteile erwartet:

1. Schnellere und effizientere Projektabwicklung
2. Höhere Qualität des Endprodukts

Die schnellere und effizientere Projektabwicklung soll vorwiegend dadurch erreicht werden, daß der Datenfluß über das Gesamtprojekt frühzeitig abgestimmt und optimiert wird. Diese Optimierung vermeidet eine wiederholte Aufbereitung bzw. Nacharbeitung von Daten (Bild 8-1). Ebenfalls werden mit der unternehmensübergreifenden Projektübersicht Probleme im Projektverlauf früher erkannt. Änderungen können dann in Geschäftsprozesse eingebracht werden, bevor Arbeitszeit in nicht mehr aktuelle Aufgaben investiert wird. Die Projektabwicklung wird zusätzlich dadurch beschleunigt, daß auf viele Projektinformationen unabhängig von den Bürozeiten der Projektpartner zugegriffen werden kann. Die aktive Verteilung von Aufgaben an die Projektbearbeiter vermeidet Liegezeiten von Informationen.

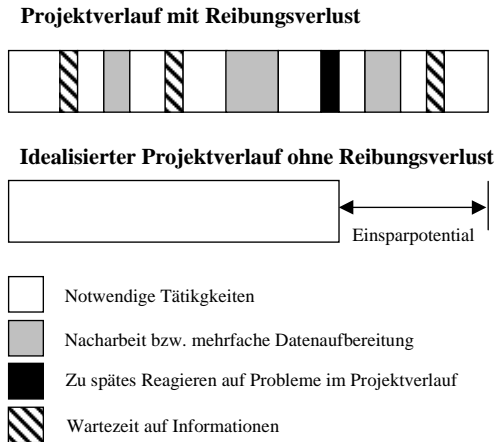


Bild 8-1: Projektverlauf mit und ohne Reibungsverlust (schematische Darstellung)

Neben den zeitlichen Vorteilen, werden mit dem Konzept auch qualitative Verbesserungen am Endprodukt erwartet. Die Qualität steigt durch das frühe Einbringen des Detail-Know-hows der Projektmitarbeiter. Sie können ihre Anforderungen formulieren und in dem Prozeßmodell abbilden. Anforderungen von nachgeschalteten Bereichen werden dadurch frühzeitig berücksichtigt und erhöhen die Qualität der Geschäftsprozesse, was sich auch auf die Qualität des Endprodukts auswirkt. Der Einfluß von Änderungen kann auf Basis des integrierten Produktdaten- und Prozeßmodells besser abgeschätzt werden. Die Zugriffsmöglichkeiten auf das komplette Produktmodell führen zu fundierteren Entscheidungen bei Änderungen und verbessern dadurch auch die Qualität der Geschäftsprozeßergebnisse.

Bei der Analyse von zwei typischen Rapid Tooling Projekten (geplante Projektlaufzeit: je 8 Wochen; geplante investierte Arbeitszeit: je 2 Personen zu 100% entspricht insgesamt 80 Manntagen) in jeweils unterschiedlichen virtuellen Fabriken, zeigten sich folgende Probleme in der Projektabwicklung:

1. Nacharbeiten führten zu einem Zusatzaufwand von jeweils ca. 25 Manntagen.

2. Projektverzögerungen um ca. 2 Wochen führten zu einer tatsächlichen Projektlaufzeit von 10 Wochen.
3. Es entstanden Zusatzkosten durch Ausschuß in Höhe von jeweils ca. DM 7.000,-.

8.1.3 Zusammenfassende Bewertung

Stellt man den Aufwand dem möglichen Nutzen für die untersuchten Projekte gegenüber, dann ist folgender Sachverhalt aus der Sicht des Rapid Tooling Unternehmens zu erkennen:

Geschätzter Zusatzaufwand		Mögliche Einsparpotentiale	
Fixkosten anteilig: (5.200,- anteilig für 8 Wochen)	867,-	Ausschuß:	7.000,-
Planungsaufwand (8 MT): (10% von 80 Manntagen)	6.400,-	Nacharbeiten (25 MT):	20.000,-
Summe:	7.267,-		27.000,-

Grundlagen der Berechnung: Es wird davon ausgegangen, daß das System UDP von dem betrachteten Unternehmen bei allen Projekten eingesetzt wird. Weiterhin gilt: 1 Manntag (MT) = 8 Arbeitsstunden; Kosten einer Arbeitsstunde: DM 100,-; Kosten für einen Manntag: DM 800,-.

Der rechnerische Break-Even wird erreicht, wenn von den möglichen DM 27.000,- ca. DM 7.300,- eingespart werden, dies entspricht einem zu realisierenden Potential von ca. 27%. Zusätzlich zu dem finanziellen Vorteil sind auch die kürzere Projektlaufzeit und die besseren Projektergebnisse zu berücksichtigen. Beide Vorteile führen zu einer steigenden Kundenzufriedenheit, was sich mittelfristig ebenfalls positiv auf die Unternehmensergebnisse auswirkt.

8.2 Auswirkungen auf Mensch, Organisation und Technik

Die angestrebten Einsparungen und Qualitätsverbesserungen können allerdings nur erreicht werden, wenn die durch das entwickelte Vorgehen beeinflussten Faktoren mitberücksichtigt werden (Bild 8-2).

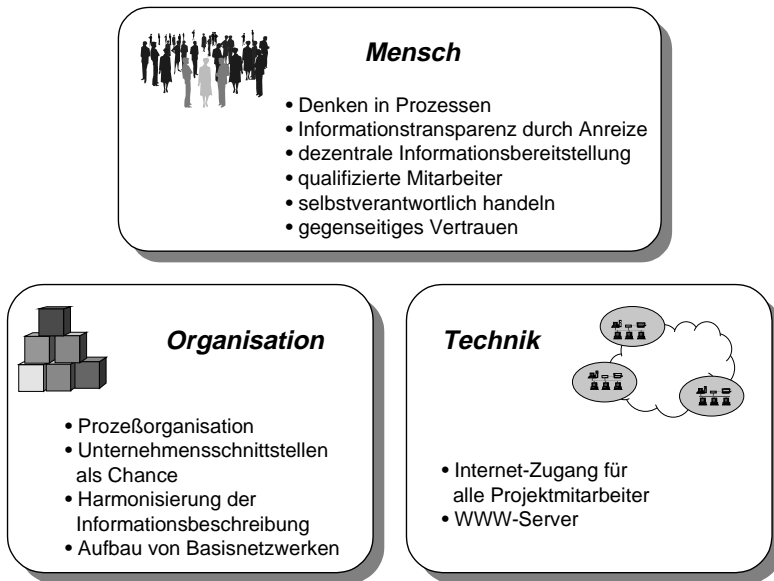


Bild 8-2: Neue Lösungen erfordern Änderungen bei Mensch, Organisation und Technik

Der *Mensch* als eine tragende Säule der virtuellen Fabrik muß lernen, mit den neuen Methoden und Techniken umzugehen. Wesentlich ist hierbei das Denken in Prozessen und das eigenverantwortliche Handeln aller Projektmitarbeiter. Projektmitarbeiter müssen davon überzeugt werden, daß das Bereitstellen von Informationen allen Projektbeteiligten Vorteile bringt. Nur unter dieser Voraussetzung kann das Detail-Know-how der Projektmitarbeiter auf breiter Basis in die Planung und Abwicklung einbezogen werden. Grundlage hierfür ist auch eine Vertrauensbasis zwischen den Projektbeteiligten.

Als zweiter Faktor werden die *Ablauf- und Aufbauorganisationen* maßgeblich durch das neue Vorgehen beeinflusst. Prozeßorientierte Organisationsformen sind eine Voraussetzung, um den streng ablauforientierten Ansatz zu unterstützen. Nur dann können die Mitarbeiter schnell in die dynamischen Prozeßnetze virtueller Fabriken eingebunden werden. Die Prozeßschnittstellen zwischen Unternehmen dürfen nicht mehr als unangenehme Hürde angesehen werden, sondern müssen als Chance für die Nutzung großer Einsparpotentiale und Erschließung neuer Technologien erkannt werden. Deshalb müssen die Unternehmen ihre Schnittstellen nach außen analysieren und gezielt den neuen Anforderungen anpassen. Im Vordergrund steht hierbei unter anderem die Art und Weise der Speicherung und Verwaltung von Informationen: Es ist nicht mehr ausreichend, wenn unternehmensintern Dokumente ausgetauscht werden können, auch die gemeinsame Bearbeitung von Dokumenten mit anderen Unternehmen muß stärker als bisher berücksichtigt werden. Dadurch löst man die wirklichen Ursachen vieler Probleme der Projektabwicklung.

Schnittstellen zwischen Unternehmen können wesentlich besser aufeinander abgestimmt werden, wenn die potentiellen Partner eines Netzwerks in einem sogenannten Basisnetzwerk zusammengeschlossen sind, wie es beispielsweise der *Virtuelle Markt*, die *Virtuelle Fabrik Euregio Bodensee* oder das *RP-Net.de* darstellen (siehe auch Abschnitt 2.4). Durch das Ziel der an einem Basisnetzwerk beteiligten Unternehmen, regelmäßig mit anderen Unternehmen des Netzwerks zu kooperieren, ist der Aufwand für netzwerkspezifische Standardisierungen gerechtfertigt. Im *RP-Net.de* wurde dieser Ansatz konsequent umgesetzt. Weiterhin ist zu erwarten, daß sich innerhalb eines Netzwerks Lernkurven einstellen, was sich direkt auf die Effizienz der Auftragsabwicklung auswirken kann.

Auch die *Technik* bleibt von dem vorgestellten Vorgehen nicht unberührt. Alle an virtuellen Fabriken beteiligten Arbeitsplätze müssen einen Internet-Anschluß haben, um auf die Prozeß- und Produktdaten zugreifen zu können. Auch an der CNC-Maschine, in der Gießerei und bei den Montageplätzen müssen Projektmitarbeiter über entsprechende I&K-Voraussetzungen verfügen. Unternehmen, die eigene Dokumente für externe Projektmitarbeiter zur Verfügung stellen möchten, benötigen darüber hinaus einen WWW-Server, über den die Dokumente von den Projektpartnern abgerufen werden können.

Als Fazit kann zusammengefaßt werden, daß die Organisationsform der virtuellen Fabrik, neue Verhaltensweisen bei den Mitarbeitern und Führungskräften in den Unternehmen fordert. Weiterhin sind die notwendigen Änderungen im organisatorischen und technischen Bereich von Beginn an in den Änderungsprozeß einzubeziehen.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Virtuelle Fabriken sind ein vielversprechender Ansatz für kleine und mittlere Unternehmen, um den steigenden Anforderungen des globalen Wettbewerbs begegnen zu können. Die Konzentration auf Kernkompetenzen führt zu einer Verteilung der Wertschöpfungskette auf mehrere Unternehmen und bringt vor allem in informationsintensiven Prozessschritten hohe Reibungsverluste mit sich.

Die kommerziell verfügbaren und in der Literatur vorgeschlagenen Methoden und Werkzeuge zur Verwaltung der Prozeß- und Produktdaten sind nicht für die Heterogenität und Dynamik von Projektabwicklungen in virtuellen Fabriken ausgelegt, weshalb die Forderung nach neuen Lösungen gestellt werden muß.

Im Rahmen der Arbeit wurde ein Konzept zum integrierten Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken entwickelt, das sich in folgenden wesentlichen Punkten von bekannten Ansätzen unterscheidet:

- Die Produkt- und Prozeßdaten werden integriert betrachtet.
- Alle Produkt- und Prozeßdaten werden über die Unternehmensgrenzen hinweg strukturiert in einem logisch zentralen Modell verwaltet.
- Die Verwaltung der Produkt- und Prozeßdaten wird in Unternehmensnetzwerken mit gemeinsamen Methoden und Werkzeugen durchgeführt.
- Die Prozesse werden dezentral und eigenverantwortlich direkt von den Projektmitarbeitern modelliert.

Das vorgestellte Konzept stellt einen *Denkrahmen* für die Entwicklung neuer Vorgehen und Softwareprogramme für virtuelle Fabriken dar. Es unterstützt die Projektplanung und -abwicklung durchgängig von der taktischen bis zur operationalen Ebene. Das Konzept berücksichtigt die räumliche Verteilung der Projektpartner, die Heterogenität in organisatorischen Daten und I&K-Systemen, die dezentrale Verwaltung von Nutzdaten sowie die Dynamik von Projektabwicklungen in virtuellen Fabriken. Im Rahmen der Arbeit wurde auch ein Vor-

gehen vorgestellt, wie das integrierte Produktdaten- und Prozeßmanagement in der Praxis eingesetzt werden kann.

Das Konzept wurde zu Evaluierungszwecken in dem Softwarewerkzeug UDP (Unternehmensübergreifendes Daten- und Prozeßmanagement) unter Einsatz von Internet-Technologien prototypisch umgesetzt. Grundlage hierfür ist ein Datenmodell, das auf dem Application Protocol AP 214 des Produktdatenstandards STEP basiert. Das STEP-Modell wurde um Konstrukte erweitert, so daß die Integration zwischen Produkt- und Prozeßmodell entsprechend den Anforderungen von virtuellen Fabriken realisiert werden konnte.

Anhand eines Anwendungsszenarios am Beispiel eines Unternehmensnetzwerks für Rapid Prototyping wurde der Einsatz des Konzepts diskutiert. Anschließend wurde eine Aufwand-Nutzen-Abschätzung durchgeführt. Hierbei stehen Hard- und Softwarekosten sowie zusätzlicher Planungsaufwand dem möglichen Nutzen einer effizienteren Projektabwicklung und qualitativ besseren Endprodukten gegenüber.

In der logischen Weiterführung dieses Ansatzes kann der Anwendungsbereich ausgedehnt werden. So sollten in einem ganzheitlichen Ansatz zusätzlich zu den Produkt- und Prozeßdaten auch Geschäfts- und Logistikdaten (z. B. Bestellungen, Rechnungen, Lieferabruf) betrachtet werden. Weiteres Potential birgt die gemeinsame Kapazitätsplanung in virtuellen Fabriken in sich. Durch die Projektplanung mit einem gemeinsamen Werkzeug entsteht eine Kapazitätsübersicht über das ganze Unternehmensnetzwerk. Diese Informationen könnten bei der Projektplanung im Sinne eines Multiprojektmanagements automatisch berücksichtigt werden.

Prinzipiell sollten in jedem Unternehmensnetzwerk alle Informationen folgenden kritischen Fragen unterzogen werden:

- Warum werden diese Daten individuell und nicht zentral gespeichert?
- Welchen Vorteil hat der Einsatz individueller Methoden und Werkzeuge zur Bearbeitung der Daten? Ist dieser Vorteil größer als der Nachteil, der durch die Reibungsverluste entsteht?

Das "Wir-Gefühl" der virtuellen Fabrik darf nicht nur im zwischenmenschlichen und organisatorischen Bereich betrachtet werden, sondern muß auf Me-

thoden und Werkzeuge konsequent ausgedehnt werden. Dann hat die virtuelle Fabrik gute Chancen, in Zukunft neue Maßstäbe in der Entwicklung und Herstellung von kundenindividuellen Produkten zu setzen.

Literaturverzeichnis

ANDREWS 1996

Andrews, M.: Establishing an Effective Infrastructure for PDM. In: Christman, A. (Hrsg.): PDM Conference, Boca Raton/USA. Ann Arbor: CIMDATA 1996.

ARNOLD & HÄRTLING 1995

Arnold, O.; Härtling, M.: Virtuelle Unternehmen: Begriffsbildung und -diskussion. Arbeitspapier der Reihe "Informations- und Kommunikationssysteme als Gestaltungselement Virtueller Unternehmen" Nr. 3/1995, Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Bern. Bern 1995.

AUGUSTIN 1998

Augustin, R.: Integrierte Planung der Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT): Eine Methode zur Priorisierung von IKT-Verbesserungen für produzierende Unternehmen. Aachen: Shaker Verlag 1998. (Darmstädter Forschungsberichte für Konstruktion und Fertigung)

BAUHOFFER & KNECHTEL 1997

Bauhofer, M.; Knechtel, U.: Integration von PDM- mit CAE-Systemen. EDM-Report (1997) 3, S. 50-52.

BAUNACH 1996

Baunach, S.: Intranet/Internet Integration with EDM/PDM. In: Intranet/Internet Strategies for Engineering and Manufacturing 1996, Orlando. Boston: Daratech Inc. 1996.

BERK 1996

Berk, B.: PDM as an Enabling Tool for Concurrent Engineering. In: Christman, A. (Hrsg.): PDM Conference, Boca Raton/USA. Ann Arbor: CIMDATA 1996.

BRANDNER 1996

Brandner, S.: EDM-Definition und Überblick. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): EDM – Engineering Data Management, Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1996, S. 7-29. (iwb-Seminarberichte 24)

BRANDNER 1997

Brandner, S.: Internetbasierte Planung und Abwicklung von unternehmensübergreifenden Entwicklungsprozessen. In: EDM-Symposium, Stuttgart: Fraunhofer Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation (IAO), Stuttgart 1997.

BRANDNER 1998A

Brandner, S.: Rapid Prototyping Netzwerk RP-Net.de. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Rapid Prototyping – Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1998, S. 8-1 - 8-18. (iwb-Seminarberichte 38)

BRANDNER 1998B

Brandner, S.: Funktionen und Nutzen der EDM-Technologie In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Engineering Data Management – Erfahrungsberichte und Trends, Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1998, S. 7-26. (iwb-Seminarberichte 31)

BRANDNER 1999

Brandner, S.: RP-Net.de - Rapid Prototyping Netzwerk für produzierende Unternehmen. In: Kongress Virtuelle Unternehmen, Mannheim: Technische Akademie Mannheim 1999.

BROCKHAUS & FUHRMEISTER 1998

Brockhaus, R.; Fuhrmeister, K.: EDM/PDM-integrierter Datenaustausch in der Automobilzulieferindustrie. EDM-Report (1998) 4, S. 34-39.

BULLINGER U. A. 1996

Bullinger, H.-J. u. a.: Rapid Product Development. VDI-Z 138 (1996) 5, S. 38-41.

DIN 69900

DIN 69900: Projektwirtschaft. Netzplantechnik. Berlin: Beuth 1987.

EHRENSPIEL 1995

Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung – Methoden für Prozeßorganisation, Produkterstellung und Konstruktion. München: Hanser 1995.

EIGNER & HAESNER 1998

Eigner, M.; Haesner, D.: Konfigurationsmanagement als integrierter Teil von PDM. EDM-Report (1998) 3, S. 24-28.

EIGNER 1996

Eigner, M.: Technische Informationssysteme – Stand der Technik am Beispiel eines PDM/EDM-Systems. ZWF 91 (1996) 9, S. 395-397.

EIGNER U. A. 1991

Eigner, M.; Hiller, C.; Schindewolf, S.; Schmich, M.: Engineering Database – Strategische Komponente in CIM-Konzepten. München: Hanser 1991.

EVERSHEIM 1996

Eversheim, W. (Hrsg.): Prozessorientierte Unternehmensorganisation: Konzepte und Methoden zur Gestaltung schlanker Organisationen. 2. Aufl. Berlin: Springer 1996.

FÄHRER 1998

Fährer, J.: Rapid Prototyping und Rapid Tooling in der Produktentwicklung. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): 3D-CAD: Mehr als nur eine dritte Dimension, Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1998, S. 7-1 – 7-18. (iwb-Seminarberichte 33)

FLANAGAN 1996

Flanagan, D.: Java in a Nutshell - A Desktop Reference for Java Programmers. Cambridge: O'Reilly & Associates 1996.

FRIEDMANN U. A. 1998

Friedmann, T.; Jungfermann W.; Schmid, C.: Global Engineering – Welchen Beitrag leisten EDM-Systeme und das Internet? EDM-Report (1998) 4, S. 40-43.

FUCHS 1995

Fuchs, J.: Wege zum vitalen Unternehmen: Die Renaissance der Persönlichkeit. Wiesbaden: Gabler 1995.

FURRER 1998

Furrer, M.: Prozesse beherrschen - Marktübersicht Projekt-/Prozeß-Management-Systeme. EDM-Report (1998) 3, S. 60-64.

GAITANIDES U. A. 1994

Gaitanides, M.; Scholz, R.; Vrohling, A.; Raster, M.: Prozeßmanagement – Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering. München: Hanser 1994.

GEUER 1996

Geuer, A.: Einsatzpotentiale des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung. Berlin: Springer 1996. (iwb Forschungsberichte 100)

GOLDMAN U. A. 1994

Goldman, S. L.; Nagel, R. N.; Preiss, K.: Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer. New York: Van Nostrand Reinhold 1994.

GOLDMAN U. A. 1996

Goldmann, S. L.; Nagel, R. N.; Preiss, K., Warnecke, H.-J.: Agil im Wettbewerb: Die Strategie der virtuellen Organisation zum Nutzen des Kunden. Berlin: Springer 1996.

GRABOWSKI U. A. 1993

Grabowski, H.; Anderl, R.; Polly, A.: Integriertes Produktmodell. Berlin: Beuth 1993.

GROH & GUTSCH 1982

Groh, H.; Gutsch, R. W.: Netzplantechnik – Eine Anleitung zum Projektmanagement für Studium und Praxis. Düsseldorf: VDI-Verlag 1982.

GROSSMANN 1997

Grossmann, W.: Life Cycle of PDM Data: From Concept Definition to Document Generation. In: Mit der Schlüsseltechnologie EDM zum Life Cycle Management, Mainz. Wiesbaden: CSC Ploenzke 1997.

HAGEN & BRANDNER 1998

Hagen v. d., F.; Brandner, S.: Studie zum unternehmensübergreifenden Austausch von Produkt- und Geschäftsdaten. iwv Augsburg: Interner Projektbericht 1998.

HAMMER & CHAMPY 1994

Hammer, M.; Champy, J.: Business Reengineering. Frankfurt: Campus 1994.

HIRSCHMANN 1998

Hirschmann, P.: Kooperative Gestaltung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse. Wiesbaden: Gabler 1998.

HOFER-ALFEIS U. A. 1999

Hofer-Alfeis, J. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmanagement – innovative Ansätze für das wandlungsfähige Unternehmen. Markburg: Tectum Verlag. (Veröffentlichung des Forschungsprojekts GIPP – Geschäftsprozeßgestaltung mit integrierten Prozeß- und Produktmodellen)

ISO 10303-11

N.N.: ISO 10303-11: Industrial Automation Systems and Integration – Product Data Representation and Exchange – Part 11: Description Methods: The Express Language Reference Manual. 1994.

KAESELER 1997

Kaeseler, J.: Geschäftsprozeßoptimierung und Veränderungsprozesse. In: Industrie Management 13 (1997) 5. S. 56-59.

KAISER 1997

Kaiser, J.: Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozeß mit Produktmodellen. Berlin: Springer 1997. (iwb Forschungsberichte 111).

KAMM 1999

Kamm, O.: Produktentwicklung im Anlagengeschäft. In: Hofer-Alfeis, J. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmanagement – innovative Ansätze für das wandlungsfähige Unternehmen. Marburg: Tectum 1999, S. 260-270. (Reihe Softwaretechnik 9)

KELCH 1998

Kelch, M.: Konzeption, Auswahl und Einführung eines PDM-Systems. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Engineering Data Management – Erfahrungsberichte und Trends, Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1998, S. 27-65. (iwb-Seminarberichte 31)

KERZNER & THAMHAIN 1986

Kerzner, H.; Thamhain, H.: Project management operating guidelines. New York: Van Nostrand Reinhold 1986.

KLEEDÖRFER 1998

Kleedörfer, R.: Prozeß- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung. München: Lehrstuhl für Produktentwicklung 1998. Vorabdruck zur Dissertation.

KONRADT 1999

Konradt, U.: Partner im virtuellen Unternehmen. In: Harvard Business Manager (1999) 3, S. 103-107.

KOSCHEL & WALLRATH 1995

Koschel, A.; Wallrath, M.: Ist die Zukunft der Datenbanken objektorientiert? In: EDM-Report (1995) 2, S. 62-71.

KRAUS & WESTERMANN 1995

Kraus, G.; Westermann, R.: Projektmanagement mit System: Organisation, Methoden, Steuerung. Gabler: Wiesbaden 1995.

KRILL 1996

Krill, O.: EDI – eine Voraussetzung für eine sequenzgerechte Belieferung der Automobilindustrie. In: *Industrie Management* (1996) 6, S. 47-50.

LEBER 1996

Leber, M.: EDM auf der Grundlage genormter Produktdatenmodelle. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): *EDM – Engineering Data Management*, Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1996, S. 164-179. (iwb-Seminarberichte 24)

LEBER 1998

Leber, M.: PDM-Systeme und Datenaustausch – Ein aktueller Statusbericht. *Produktdaten Journal* (1998) 2, S. 42-44.

LINDEMANN & KLEEDÖRFER 1997

Lindemann, U.; Kleedörfer, R.: Erfolgreiche Produkte durch integrierte Produktentwicklung. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): *Münchner Kolloquium '97*, München. Landsberg am Lech: verlag moderne industrie 1997, S. 115-136.

LINDEMANN & KLEIN 1998

Lindemann, M.; Klein, S.: Die Nutzung von Internet-Diensten im Rahmen des elektronischen Datenaustauschs. Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität St. Gallen, März 1998.

LINDO 1996

Lindo, W.: Workflow-Management und Optimierung der Geschäftsprozesse. *ZWF* 91 (1996) 9, S. 419-420.

LOZINSKI & SCHMIDT 1998

Integration der logistischen Kette und der Entwicklung. *EDM-Report* (1998) 1, S. 44-47.

MACHT 1997

Macht, M.: Möglichkeiten und Grenzen des Rapid Prototyping. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Rapid Prototyping – Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt. Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1997, S. 5-23. (iwb-Seminarberichte 27)

MACHT 1999

Macht, M.: Leitfaden Rapid Prototyping. München: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften 1999. Vorabdruck zur Dissertation.

MADAUSS 1994

Madauss, B. J.: Handbuch Projektmanagement. Stuttgart: Schaeffel Poeschel Verlag 1994.

MALONE & LAUBACHER 1999

Malone T.; Laubacher, R.: Vernetzt, klein und flexibel – die Firma des 21. Jahrhunderts. In: Harvard Business Manager (1999) 2, S. 28-36.

MAN 1999

Managementsoftware Informationszentrum, <http://www.management-software.de/management.htm>, 10.07.1999.

MARCIAL 1997

Marcial, F.: Entwicklung von Datenmodellen für ein objektorientiertes Engineering Data Management System zur Unterstützung von teamorientierten Organisationsformen. Berlin: Springer 1997.

MAYER 1998

Mayer, R.: Ein Kooperationsnetzwerk zur Zusammenschaltung von Kernkompetenzen in der Entwicklung. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie – Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen, Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1998, S. 3-1 – 3-31. (iwb-Seminarberichte 40)

MEHLER & REINHART 1998

Mehler, B. H.; Reinhart, G.: Building the Virtual Factory – Manufacturing in Decentralized Networks: In: Proceedings of the 31st International Seminar on Manufacturing Systems, Berkeley, CA. International Institution of Production Engineering Research (CIRP) 1998, S. 81-86.

MENDEL 1997

Mendel, A.: Der Einfluß des Internet auf PDM-Systeme. EDM-Report (1997) 3, S. 44-49.

MERTENS 1995

Mertens, P.: Virtuelle Unternehmen – eine Organisationsstruktur für die Zukunft. Technologie und Management 44 (1995) 2, S. 61-68.

MERTINS & JOCHEM 1995

Mertins, K.; Jochem, R.: Integrated Enterprise Modelling for Business Process Reengineering. In: Jansen H. (Hrsg.); Krause F.-L. (Hrsg.): Life-Cycle Modelling for Innovative Products and Processes. Berlin: Chapman & Hall 1995, S. 589-600.

MERTINS & JOCHEM 1998

Mertins, K.; Jochem, R.: Business Process Modelling – Ways and Methods for the Management of Change. In: Uhlmann, E. (Hrsg.), Spur G. (Hrsg.): IX. Internationales Produktionstechnisches Kolloquium PTK 98 – Technologiemanagement, Berlin: Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin 1998, S. 453-462.

MILBERG 1998

Milberg, J.: Perspektiven für die Produktion aus der Sicht des Fahrzeugbaus – Agilität als Wettbewerbsfaktor. In: Uhlmann, E. (Hrsg.), Spur G. (Hrsg.): IX. Internationales Produktionstechnisches Kolloquium PTK 98 – Technologiemanagement, Berlin: Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin 1998, S. 29-39.

MILLARG 1998

Millarg, K.: Virtuelle Fabrik - Gestaltungsansätze für eine neue Organisationsform in der produzierenden Industrie. St. Gallen: Transfer Verlag 1998.

MILLARG 1999

Millarg, K.: Virtuelle Fabrik Euregio Bodensee - Neue Marktchancen für die produzierende Industrie. In: Kongress Virtuelle Unternehmen, Mannheim: Technische Akademie Mannheim 1999.

MILLER U. A. 1994

Miller, E.; u. a.: PDM Buyer's Guide. Michigan: CIMdata 1994.

MÜLLER 1993

Müller, S.: Entwicklung einer Methode zur prozeßorientierten Reorganisation der technischen Auftragsabwicklung komplexer Produkte. Aachen: Shaker 1993. (Berichte aus der Produktionstechnik, Band 1/93)

MURR 1999

Murr, O.: Management von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen am Beispiel komplexer Serienprodukte. München: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften 1999. Vorabdruck zur Dissertation.

NIKOL 1998

Nikol, G.: Viewer für EDM-Systeme - Die Anforderungen werden meist unterschätzt. EDM-Report (1998) 3, S. 40-42.

OLBRICH 1994

Olbrich, T.: Das Modell der "Virtuellen Unternehmen" als unternehmensinterne Organisations- und unternehmensexterne Kooperationsform. Information Management (1994) 4, S. 28-36.

PICOT & ROHRBACH (1995)

Picot, A.; Rohrbach, P.: Organisatorische Aspekte von Workflow-Management-Systemen. Information Management 10 (1995) 1, S. 28-35.

PICOT U. A. 1996

Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R. T.: Die grenzenlose Unternehmung. 2. Aufl. Wiesbaden: Gabler 1996.

PLATZ 1995

Platz, J.: Projektmanagement für Ingenieure. München: TU, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Umdruck zur Vorlesung Projektmanagement 1995.

PÖRTNER 1998

Pörtner R.: Daten im Entwicklungsprozeß durchgängig nutzen. EDM-Report (1998) 3, S. 38-42.

REICHERT 1994

Reichert, O.: Netzplantechnik. Braunschweig: Vieweg 1994.

REINHART & BRANDNER 1996A

Reinhart, G.; Brandner, S.: Prozeßmanagement im Engineeringbereich mit PDM-Systemen. m&c – Management & Computer 4 (1996) 3, S. 133-140.

REINHART & BRANDNER 1996B

Reinhart, G.; Brandner, S.: Integration von Zulieferern in das Daten- und Prozeßmanagement – Neue Möglichkeiten auf Basis des Internet. ZWF 91 (1996) 9, S. 391-394.

REINHART & BRANDNER 1998

Reinhart, G.; Brandner, S.: Process Management in Virtual Factories. In: Uhlmann, E. (Hrsg.); Spur, G. (Hrsg.): IX. Internationales Produktionstechnisches Kolloquium PTK 98 – Technologiemanagement, Berlin: Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der Technischen Universität Berlin 1998, S. 305-314.

REINHART & BREITINGER 1997

Reinhart, G.; Breitinge, F.: Rapid Tooling for Simultaneous Product and Process Development. In: Dickens, M. u. a. (Hrsg.): 6th European Conference on Rapid Prototyping and Manufacturing, Nottingham, UK. 1997, S. 179 -192.

REINHART & GRUNWALD 1999

Reinhart, G.; Grunwald, S.: Mit einer Kernkompetenzanalyse zur richtigen Strategie für Produktionsunternehmen. *Industrie Management* (1999) 2, S. 57-61.

REINHART & SCHLIFFENBACHER 1997

Reinhart, G.; Schliffenbacher K.: Zehn Unternehmen erproben in Augsburg den Verbund auf Zeit. *Blick durch die Wirtschaft*. 26.11.1997, S. 6.

REINHART U. A. 1996

Reinhart, G.; Mehler, B.; Schliffenbacher, K.: Virtuelle Unternehmen – Chance für produzierende Unternehmen in Deutschland. *Industrie Management* (1996) 6, S. 6-8.

RUDORFER 1998

Rudorfer, W.: Fit für Kooperationen - Anpassung von Unternehmen an die Anforderungen bei verteilter Produktion. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): *Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen*, Augsburg. München: Herbert Utz Wissenschaft 1998, S. 7-1 - 7-22. (iwb-Seminarberichte 40)

SANTELL 1996

Santell, M.: A Global Component Information System. In: Christman, A. (Hrsg.): *PDM Conference*, Boca Raton/USA. Ann Arbor: CIMDATA 1996.

SCHÄFER 1998

Schäfer, H.: Auf dem Weg zur prozeßorientierten Organisation. *Industrie Management* 14 (1998) 2, S. 71-74.

SCHEER 1995

Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik – Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. Berlin: Springer 1995.

SCHENK & WILSEN (1994)

Schenk, D.; Wilson, P.: Information Modelling the EXPRESS Way. Oxford: Oxford University Press 1994.

SCHITTKO 1997

Schittko, K.: Kopplung von EDM und PPS. Industrie Management Spezial: Engineering Management 1997/1998. S. 55-57.

SCHLIFFENBACHER U. A. 1999

Schliffenbacher, K.; Rudorfer, W.; Reinhart, G.: Configuration of virtual value chains. In: Mertins, K. (Hrsg.); Krause, O. (Hrsg.); Schallock, B. (Hrsg): International Conference on Advances in Production Management Systems – Global Production Management, Berlin: Fraunhofer Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik 1999. Boston: Kluwer Academic Publishers 1999, S. 399-407.

SCHMALZL 1996

Schmalzl, B.: Ein Projektleitsystem im integrierten Produkterstellungsprozeß. Düsseldorf: VDI Verlag 1996. (VDI-Fortschrittsberichte, Reihe 20 – Rechnergestützte Verfahren)

SCHUH U. A. 1996

Schuh, G.; Krumm, S.; Boseske S.: Evolutionäres Reengineering für europäische Unternehmen. ZWF 91 (1996) 9, S. 406-409.

SCHUH U. A. 1998

Schuh, G.; Millarg, K.; Göransson, A.: Virtuelle Fabrik: Neue Marktchancen durch dynamische Netzwerke. München: Hanser 1998.

SEMICH 1994

Zitiert in: Sieber, P.: Virtualität als Kompetenzfaktor. In: Kongress Virtuelle Unternehmen, Mannheim: Technische Akademie Mannheim 1999.

STEP 1995

N. N.: Schulung S22 – Austausch und Verwaltung organisatorischer Daten nach AP 214. Schulungsunterlagen der ProSTEP GmbH, 1995.

STUFFER & KLEEDÖRFER 1997

Stuffer, R.; Kleedörfer R.: Prozeßmanagement im Wandel – zeitgerechte Ansätze zur Prozeßplanung und -steuerung. EDM-Report (1997) 2, S. 42-47.

TRAUTHEIM 1998

Trautheim, A.: Die Produktdatennorm STEP und der Nutzen für PDM. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J. (Hrsg.): Engineering Data Management – Erfahrungsberichte und Trends, Augsburg. München: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1998, S. 135-160. (iwb-Seminarberichte 31)

VERSTEEGEN 1995

Versteegen, G.: Alles im Fluß – Die Ansätze der Workflow Management Coalition. iX (1995) 3, S. 152-160.

WARNECKE U. A. 1998

Warnecke, G. u. a.: Evolutionskonzept für Referenzmodelle. Industrie Management 14 (1998) 2, S. 60-64.

WHEELWRIGHT & CLARK 1994

Wheelwright, S. C.; Clark, K. B.: Revolution der Produktentwicklung, Spitzenleistung in Schnelligkeit, Effizienz und Qualität durch dynamische Teams: Frankfurt am Main: Campus 1994.

WIENDAHL U. A. 1996

Wiendahl, H.-P. u. a.: Kooperatives Management in wandelbaren Produktionsnetzen. Industrie Management 12 (1996) 6, S. 23-28.

WISCHNEWSKI 1992

Wischnewski, E.: Modernes Projektmanagement. Braunschweig: Vieweg 1992.

iwb Forschungsberichte Band 1–121

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. J. Milberg und Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Band 1–121 erschienen im Springer Verlag, Berlin, Heidelberg und sind im Erscheinungsjahr und den folgenden drei Kalenderjahren erhältlich im Buchhandel oder durch Lange & Springer, Otto-Suhr-Allee 26–28, 10585 Berlin

- 1 *Streifinger, F.*
Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel
1986 · 72 Abb. · 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 *Fuchsberger, A.*
Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen
1986 · 90 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 *Maier, C.*
Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrierobotern
1986 · 77 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 *Summer, H.*
Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen
1986 · 74 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 *Simon, W.*
Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen
1986 · 141 Abb. · 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 *Büchs, S.*
Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung
1986 · 74 Abb. · 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 *Hunzinger, I.*
Schneiderdierete Oberflächen
1986 · 79 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 *Pilland, U.*
Echtzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen
1986 · 54 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 *Berthelmeß, P.*
Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung
1987 · 70 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 *Reithofer, N.*
Nutzungssicherung von flexibel automatisierten Produktionsanlagen
1987 · 84 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-18440-6
- 11 *Diess, H.*
Rechnerunterstützte Entwicklung flexibel automatisierter Montageprozesse
1988 · 56 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18799-5
- 12 *Reinhart, G.*
Flexible Automatisierung der Konstruktion und Fertigung elektrischer Leitungssätze
1988 · 112 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 *Bürstner, H.*
Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion
1988 · 74 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 *Groha, A.*
Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 *Riese, K.*
Klipsmontage mit Industrierobotern
1988 · 92 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6
- 16 *Lutz, P.*
Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung
1988 · 44 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3
- 17 *Klippel, C.*
Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems
1988 · 86 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0
- 18 *Rascher, R.*
Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung
1989 · 110 Abb. · 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9
- 19 *Heusler, H.-J.*
Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 *Kirchknopf, P.*
Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 *Sauerer, Ch.*
Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 *Karstedt, K.*
Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigungsautomatisierung
1990 · 92 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7
- 23 *Peiker, St.*
Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems
1990 · 66 Abb. · 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0
- 24 *Schugmann, R.*
Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage
1990 · 71 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0
- 25 *Wirba, P.*
Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 *Eibelshäuser, P.*
Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 *Prasch, J.*
Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 *Teich, K.*
Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der Produktion
1990 · 52 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-52764-8
- 29 *Pfrang, W.*
Rechnergestützte und graphische Planung manueller und teilautomatisierter Arbeitsplätze
1990 · 59 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-52829-6
- 30 *Tauber, A.*
Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente der Montageplanung
1990 · 93 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-52911-X
- 31 *Jäger, A.*
Systematische Planung komplexer Produktionssysteme
1991 · 75 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-53021-5
- 32 *Hartberger, H.*
Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme
1991 · 58 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-53326-5
- 33 *Tuczek, H.*
Inspektion von Karosserieteilen auf Risse und Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung
1992 · 125 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-53965-4
- 34 *Fischbacher, J.*
Planungsstrategien zur störungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten
1991 · 60 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-54027-X
- 35 *Moser, D.*
3D-Echtzeitkollisionsschutz für Drehmaschinen
1991 · 66 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-54076-8
- 36 *Naber, H.*
Aufbau und Einsatz eines mobilen Roboters mit unabhängiger Lokomotions- und Manipulationskomponente
1991 · 85 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-54216-7
- 37 *Kupec, Th.*
Wissensbasiertes Leitsystem zur Steuerung flexibler Fertigungsanlagen
1991 · 68 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-54260-4
- 38 *Maulhardt, U.*
Dynamisches Verhalten von Kreissägen
1991 · 109 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-54365-1
- 39 *Götz, R.*
Strukturierte Planung flexibel automatisierter Montagesysteme für flächige Bauteile
1991 · 86 Abb. · 201 Seiten · ISBN 3-540-54401-1
- 40 *Koepfer, Th.*
3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung - ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsteilung
1991 · 74 Abb. · 126 Seiten · ISBN 3-540-54436-4
- 41 *Schmidt, M.*
Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme
1992 · 108 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-55025-9
- 42 *Burger, C.*
Produktionsregelung mit entscheidungsunterstützenden Informationssystemen
1992 · 94 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-55187-5
- 43 *Hoßmann, J.*
Methodik zur Planung der automatischen Montage von nicht formstabilen Bauteilen
1992 · 73 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-5520-0
- 44 *Petry, M.*
Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmabkastens für robotergeführte Klebprozesse
1992 · 106 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-55374-6
- 45 *Schönecker, W.*
Integrierte Diagnose in Produktionszellen
1992 · 87 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-55375-4
- 46 *Bick, W.*
Systematische Planung hybrider Montagesysteme unter Berücksichtigung der Ermittlung des optimalen Automatisierungsgrades
1992 · 70 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-55377-0
- 47 *Gebauer, L.*
Prozeßuntersuchungen zur automatisierten Montage von optischen Linsen
1992 · 84 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55378-9
- 48 *Schrüfer, N.*
Erstellung eines 3D-Simulationssystems zur Reduzierung von Rüstzeiten bei der NC-Bearbeitung
1992 · 103 Abb. · 161 Seiten · ISBN 3-540-55431-9
- 49 *Wisbacher, J.*
Methoden zur rationellen Automatisierung der Montage von Schnellbefestigungselementen
1992 · 77 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-55512-9
- 50 *Garnich, F.*
Laserbearbeitung mit Robotern
1992 · 110 Abb. · 184 Seiten · ISBN 3-540-55513-7
- 51 *Eubert, P.*
Digitale Zustandsregelung elektrischer Vorschubantriebe
1992 · 89 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-44441-2
- 52 *Glaas, W.*
Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung
1992 · 67 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-55749-0
- 53 *Helml, H.J.*
Ein Verfahren zur On-Line Fehlererkennung und Diagnose
1992 · 60 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-55750-4
- 54 *Lang, Ch.*
Wissensbasierte Unterstützung der Verfügbarkeitsplanung
1992 · 75 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55751-2
- 55 *Schuster, G.*
Rechnergestütztes Planungssystem für die flexibel automatisierte Montage
1992 · 67 Abb. · 135 Seiten · ISBN 3-540-55830-6
- 56 *Bomm, H.*
Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum Investitionscontrolling komplexer Produktionssysteme
1992 · 87 Abb. · 195 Seiten · ISBN 3-540-55964-7
- 57 *Wendt, A.*
Qualitätssicherung in flexibel automatisierten Montagesystemen
1992 · 74 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-56044-0
- 58 *Hansmaier, H.*
Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung
1993 · 67 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-56053-2
- 59 *Dilling, U.*
Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch Wirtschaftssimulationen
1993 · 72 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56307-5

- 60 *Strohmayr, R.*
Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von
Zubringeeinrichtungen
1993 · 80 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-56652-X
- 61 *Glas, J.*
Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer
Zellenrechnersoftware
1993 · 80 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-56890-5
- 62 *Stetter, R.*
Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur
Effizienzsteigerung des Industrierobereinsatzes
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1
- 63 *Dirndorfer, A.*
Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57031-4
- 64 *Wiedemann, M.*
Simulation des Schwingungsverhaltens spanender
Werkzeugmaschinen
1993 · 81 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-57177-9
- 65 *Woenckhaus, Ch.*
Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-
Layoutoptimierung
1994 · 81 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-57284-8
- 66 *Kummetsteiner, G.*
3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur
Planung manueller Montagesysteme
1994 · 62 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-57535-9
- 67 *Kugelmann, F.*
Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen
Automatisierung von Produktionssystemen
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57549-9
- 68 *Schwarz, H.*
Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-
Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik
1994 · 96 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-57577-4
- 69 *Viethen, U.*
Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen
1994 · 70 Abb. · 142 Seiten · ISBN 3-540-57794-7
- 70 *Seehuber, M.*
Automatische Inbetriebnahme
geschwindigkeitsadaptiver Zustandsregler
1994 · 72 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-57896-X
- 71 *Amann, W.*
Eine Simulationsumgebung für Planung und Betrieb von
Produktionssystemen
1994 · 71 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-57924-9
- 72 *Schöpf, M.*
Rechnergestütztes Projektinformations- und
Koordinationssystem für das Fertigungsvorfeld
1997 · 63 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58052-2
- 73 *Welling, A.*
Effizienter Einsatz bildgebender Sensoren zur
Flexibilisierung automatisierter Handhabungsvorgänge
1994 · 66 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-580-0
- 74 *Zetlmayer, H.*
Verfahren zur simulationsgestützten
Produktionsregelung in der Einzel- und
Kleinserienproduktion
1994 · 62 Abb. · 143 Seiten · ISBN 3-540-58134-0
- 75 *Lindl, M.*
Auftragsleittechnik für Konstruktion und Arbeitsplanung
1994 · 66 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58221-5
- 76 *Zipper, B.*
Das integrierte Betriebsmittelwesen · Baustein einer
flexiblen Fertigung
1994 · 64 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58222-3
- 77 *Rath, P.*
Programmierung und Simulation von Zellenabläufen in
der Arbeitsvorbereitung
1995 · 51 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58223-1
- 78 *Engel, A.*
Strömungstechnische Optimierung von
Produktionssystemen durch Simulation
1994 · 69 Abb. · 160 Seiten · ISBN 3-540-58258-4
- 79 *Zah, M. F.*
Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen
1995 · 95 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-58624-5
- 80 *Zwanzel, N.*
Technologisches Prozeßmodell für die
Kugelschleifbearbeitung
1995 · 65 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-58634-2
- 81 *Romanow, P.*
Konstruktionsbegleitende Kalkulation von
Werkzeugmaschinen
1995 · 66 Abb. · 151 Seiten · ISBN 3-540-58771-3
- 82 *Kahlenberg, R.*
Integrierte Qualitätssicherung in flexiblen
Fertigungszellen
1995 · 71 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-58772-1
- 83 *Huber, A.*
Arbeitsfolgenplanung mehrstufiger Prozesse in der
Hartbearbeitung
1995 · 87 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-58773-X
- 84 *Birkel, G.*
Aufwandsminimierter Wissenserwerb für die Diagnose in
flexiblen Produktionszellen
1995 · 64 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-58869-8
- 85 *Siman, D.*
Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung
und logistisches Störungsmanagement
1995 · 77 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-58942-2
- 86 *Nedeljkovic-Groha, V.*
Systematische Planung anwendungsspezifischer
Materialflußsteuerungen
1995 · 94 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-58953-8
- 87 *Rockland, M.*
Flexibilisierung der automatischen Teilerstellung in
Montageanlagen
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58999-6
- 88 *Limmer, St.*
Konzept einer integrierten Produktentwicklung
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1
- 89 *Eder, Th.*
Integrierte Planung von Informationssystemen für
rechnergestützte Produktionssysteme
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6
- 90 *Deutsche, U.*
Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung
in mittelständischen Unternehmen
1995 · 80 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-59337-3
- 91 *Dieterle, A.*
Recyclingintegrierte Produktentwicklung
1995 · 68 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-60120-1

- 92 *Hechl, Chr.*
Personalorientierte Montageplanung für komplexe und variantenreiche Produkte
 1995 · 73 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Albertz, F.*
Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen - Gestellstrukturen
 1995 · 83 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60608-8
- 94 *Trunzer, W.*
Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgesensoren
 1996 · 101 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-60961-X
- 95 *Fichtmüller, N.*
Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme
 1996 · 83 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-60960-1
- 96 *Trucks, V.*
Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen
 1996 · 64 Abb. · 141 Seiten · ISBN 3-540-60599-8
- 97 *Schäffer, G.*
Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme
 1996 · 71 Abb. · 170 Seiten · ISBN 3-540-60958-X
- 98 *Koch, M. R.*
Autonome Fertigungszellen - Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung
 1996 · 67 Abb. · 138 Seiten · ISBN 3-540-61104-5
- 99 *Moctezuma de la Barrera, J.L.*
Ein durchgängiges System zur computer- und rechnergestützten Chirurgie
 1996 · 99 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-61145-2
- 100 *Geuer, A.*
Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung
 1996 · 84 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-61495-8
- 101 *Ebner, C.*
Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement unter Verwendung von Felddaten
 1996 · 67 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-61678-0
- 102 *Pischelsrieder, K.*
Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion
 1996 · 74 Abb. · 171 Seiten · ISBN 3-540-61714-0
- 103 *Köhler, R.*
Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen variantenreichen Kleinprodukten
 1997 · 62 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-62024-9
- 104 *Feldmann, Gh.*
Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung
 1997 · 71 Abb. · 163 Seiten · ISBN 3-540-62059-1
- 105 *Lehmann, H.*
Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem
 1997 · 96 Abb. · 191 Seiten · ISBN 3-540-62202-0
- 106 *Wagner, M.*
Steuerungintegrierte Fehlerbehandlung für maschinennahe Abläufe
 1997 · 94 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-62656-5
- 107 *Lorenzen, J.*
Simulationsgestützte Kostenanalyse in produktorientierten Fertigungsstrukturen
 1997 · 63 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-62794-4
- 108 *Krönert, U.*
Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitsuche und Standardisierung
 1997 · 53 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-63338-3
- 109 *Pfersdorf, I.*
Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur Organisation des industriellen Service
 1997 · 74 Abb. · 172 Seiten · ISBN 3-540-63615-3
- 110 *Kuba, R.*
Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion
 1997 · 77 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-63642-0
- 111 *Kaiser, J.*
Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozess mit Produktmodellen
 1997 · 67 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-63999-3
- 112 *Geyer, M.*
Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und Arbeitssystemgestaltung
 1997 · 85 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-64195-5
- 113 *Martin, C.*
Produktionsregelung - ein modularer, modellbasierter Ansatz
 1998 · 73 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-64401-6
- 114 *Löffler, Th.*
Akustische Überwachung automatisierter Fügeprozesse
 1998 · 85 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-64511-X
- 115 *Lindermaier, R.*
Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen
 1998 · 84 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-64686-8
- 116 *Koehrer, J.*
Prozeßorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit Großserienfertigung
 1998 · 75 Abb. · 185 Seiten · ISBN 3-540-65037-7
- 117 *Schuller, R. W.*
Leitfaden zum automatisierten Auftrag von hochviskosen Dichtmassen
 1999 · 76 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-65320-1
- 118 *Debuschewitz, M.*
Integrierte Methodik und Werkzeuge zur herstellungsorientierten Produktentwicklung
 1999 · 104 Abb. · 169 Seiten · ISBN 3-540-65350-3
- 119 *Bauer, L.*
Strategien zur rechnergestützten Offline-Programmierung von 3D-Laseranlagen
 1999 · 98 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-65382-1
- 120 *Pfob, E.*
Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
 1999 · 69 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-65525-5
- 121 *Spitznagel, J.*
Erfahrungsgel leitete Planung von Laseranlagen
 1999 · 63 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-65896-3

Seminarberichte iwb

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, Institut für Werkzeugmaschinen
und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Seminarberichte iwb sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, utz@utzverlag.com

- 1 **Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung**
116 Seiten · ISBN 3-931327-01-9
- 2 **Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt**
82 Seiten · ISBN 3-931327-02-7
- 3 **Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung**
110 Seiten · ISBN 3-931327-03-5
- 4 **Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte**
134 Seiten · ISBN 3-931327-04-3
- 5 **Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung**
96 Seiten · ISBN 3-931327-05-1
- 6 **Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung**
86 Seiten · ISBN 3-931327-06-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-07-8
- 8 **Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**
130 Seiten · ISBN 3-931327-08-7
- 9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**
120 Seiten · ISBN 3-931327-09-5
- 10 **3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**
90 Seiten · ISBN 3-931327-10-8
- 11 **Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
110 Seiten · ISBN 3-931327-11-6
- 12 **Autonome Produktionssysteme**
100 Seiten · ISBN 3-931327-12-4
- 13 **Planung von Montageanlagen**
130 Seiten · ISBN 3-931327-13-2
- 15 **Flexible fluide Kleb/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung**
80 Seiten · ISBN 3-931327-15-9
- 16 **Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart**
80 Seiten · ISBN 3-931327-16-7
- 17 **Industriekeramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-17-5
- 18 **Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen**
166 Seiten · ISBN 3-931327-18-3
- 19 **Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung**
85 Seiten · ISBN 3-931327-19-1
- 20 **Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen - Plug & Play - Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**
106 Seiten · ISBN 3-931327-20-5
- 21 **Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen**
96 Seiten · ISBN 3-931327-21-3
- 22 **Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
96 Seiten · ISBN 3-931327-22-1
- 24 **EDM Engineering Data Management**
195 Seiten · ISBN 3-931327-24-8
- 25 **Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**
152 Seiten · ISBN 3-931327-25-6
- 26 **Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten · ISBN 3-931327-26-4
- 27 **Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten · ISBN 3-931327-27-2
- 28 **Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten · ISBN 3-931327-28-0
- 29 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlußseminar**
156 Seiten · ISBN 3-931327-29-9
- 31 **Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten · ISBN 3-931327-31-0
- 33 **3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten · ISBN 3-931327-33-7
- 34 **Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten · ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten · ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten · ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätssteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
96 Seiten · ISBN 3-931327-37-X
- 38 **Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**
128 Seiten · ISBN 3-931327-38-8
- 39 **Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**
130 Seiten · ISBN 3-931327-39-6
- 40 **Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen**
160 Seiten · ISBN 3-931327-40-X
- 41 **Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**
146 Seiten · ISBN 3-89675-041-0
- 42 **Stückzahlflexible Montagesysteme**
139 Seiten · ISBN 3-89675-042-9
- 43 **Produktivität und Verfügbarkeit - ... durch Kooperation steigern**
120 Seiten · ISBN 3-89675-043-7
- 44 **Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von Mikrobautteilen**
125 Seiten · ISBN 3-89675-044-5
- 45 **Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**
173 Seiten · ISBN 3-89675-045-3
- 46 **Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation**
108 Seiten · ISBN 3-89675-046-1
- 47 **Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation**
131 Seiten · ISBN 3-89675-047-X
- 48 **Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen**
106 Seiten · ISBN 3-89675-048-8
- 49 **Rapid Prototyping - Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung**
150 Seiten · ISBN 3-89675-049-6
- 50 **Rapid Manufacturing - Methoden für die reaktionsfähige Produktion**
121 Seiten · ISBN 3-89675-050-X
- 51 **Flexibles Kleben und Dichten - Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle**
137 Seiten · ISBN 3-89675-051-8

Forschungsberichte iwb

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, Institut für Werkzeugmaschinen
und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Forschungsberichte iwb ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, utz@utzverlag.com

- 122 Burghard Schneider
Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile
183 Seiten · 98 Abb. · 14 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-559-5
- 123 Bernd Goldstein
Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung
170 Seiten · 65 Abb. · 1999 · ISBN 3-89675-546-3
- 124 Helmut E. Mößmer
Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme
156 Seiten · 67 Abb. · 5 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-585-4
- 125 Ralf-Gunter Gräser
Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern
167 Seiten · 63 Abb. · 5 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-603-6
- 126 Hans-Jürgen Trossin
Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik
162 Seiten · 75 Abb. · 11 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-614-1
- 127 Doris Kugelmann
Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern
158 Seiten · 68 Abb. · 2 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-615-X
- 128 Rolf Diesch
Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen
160 Seiten · 69 Abb. · 1999 · ISBN 3-89675-618-4
- 129 Werner E. Lulay
Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen
170 Seiten · 51 Abb. · 14 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-620-6
- 130 Otto Murr
Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen
178 Seiten · 85 Abb. · 3 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-636-2
- 131 Michael Macht
Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping
170 Seiten · 87 Abb. · 5 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-638-9
- 132 Bruno H. Mehler
Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnerverbindungen
152 Seiten · 44 Abb. · 5 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-645-1
- 133 Knut Heitmann
Sichere Prognosen für die Produktionsoptimierung mittels stochastischer Modelle
146 Seiten · 60 Abb. · 13 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-675-3
- 134 Stefan Blessing
Gestaltung der Materialflußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen
160 Seiten · 67 Abb. · 5 Tab. · 1999 · ISBN 3-89675-690-7
- 135 Can Abay
Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik
159 Seiten · 46 Abb. · 5 Tab. · 2000 · ISBN 3-89675-697-4