Forschungsberichte

Band 130

Otto Murr

Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen

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

Herbert Utz Verlag

Forschungsberichte IWB

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 (iwb)

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titelsatz für diese Publikation ist
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

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 1999

ISBN 3-89675-636-2

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 Institutes, 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. Udo Lindemann, dem Leiter des Lehrstuhls für Produktentwicklung der Technischen Universität München, möchte ich mich für die Übernahme des Koreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit bedanken, bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Bender für die Übernahme des Vorsitzes.

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

Nicht zuletzt danke ich meiner Frau Claudia und meiner Familie für die Unterstützung und die endlose Geduld, die sie aufbringen mußte, um mir diese Arbeit zu ermöglichen.

München, im Dezember 1999 *Otto Murr*

Inhaltsverzeichnis

1 Ausgangssituation 1

2 Zielsetzung 4

3 Aufbau und Eingrenzung der Arbeit 5

4 Stand der Forschung und Technik 9

4.1 Entwicklungstendenzen in Entwicklung und Planung 9

4.2 Auswirkungen auf das Geschäftsprozeßmanagement 13

4.3 Methoden zum Management von Geschäftsprozessen 18

4.3.1 Klassisches Projektmanagement 18

4.3.2 Geschäftsprozeßmanagement allgemein 20

4.3.3 Prozeß-Benchmarking 22

4.3.4 Prozeß-Auditierung 23

4.3.5 Prozeßkennzahlen 24

4.3.6 Prozeßzeitenmanagement 25

4.3.7 Prozeßkostenrechnung 27

4.4 Prozeßmanagement aus Sicht der Systemtheorie 28

4.4.1 Annahmen über das Verhalten dezentraler Subsysteme 29

4.4.2 Interaktionsmodelle 30

4.5 Prozeßmanagement aus Sicht der Agententheorie 32

4.6 Methoden zum Management von Entwicklungs- und Planungsprozessen 35

4.6.1 Klassische Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik 35

4.6.2 Organisatorische Integrationsansätze 37

4.6.2.1 Simultaneous Engineering 37

4.6.2.2 Concurrent Engineering 39

4.6.2.3 Integrierte Produktentwicklung 39

4.6.2.4 Integrierte Konstruktion und Montageplanung 41

4.6.3 Projektmanagementorientierte Ansätze für die Entwicklung und Planung 43

4.6.3.1 Projektmanagement mit Reifegradindikatoren 43

4.6.3.2 Projektmanagement in der Integrierten Produktentwicklung 46

4.6.4 Prozeßmanagementorientierte Ansätze für die Entwicklung und Planung 47

4.7 Konkretisierung des Handlungsbedarfes 49

4.7.1 Zusammenfassung der vorgestellten Ansätze 49

4.7.2 Anforderungen an die Planung 51

4.7.3 Anforderungen an die Steuerung 53

4.7.4 Randbedingung der Virtualisierung von Entwicklung und Planung 54

5 Grundbausteine des Lösungsansatzes 56

5.1 Merkmale des Lösungsansatzes 56

5.2 Modellierungskonstrukte für das Geschäftsprozeßmanagement 59

5.2.1 Anforderungen an eine Modellunterstützung 59

5.2.2 Identifikation der Basisobjekte 60

5.2.3 Einführung Geschäftsprozeßbaustein 61

5.2.4 Beschreibung der Basisobjekte 64

5.2.4.1 Beschreibung des Produktes 65

5.2.4.2 Beschreibung der Produktionsmittel 70

5.2.4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses 72

5.3 Zielorientierung in den Prozeßbausteinen 75

5.3.1 Prozeßbezogene Zieldimension 76

5.3.2 Objektbezogene Zieldimension 78

5.3.3 Integration der Zieldimensionen in den Prozeßbaustein 81

5.4 Integration des CA-Einsatzes in die Prozeßbausteine 83

5.4.1 Überblick über CA-Methoden 83

5.4.2 Vorgehen zur CA-Integration in die Prozeßbausteine 85

5.4.3 Definition der objektbezogenen Ziele 86

5.4.4 Einordnung in die Prozeßkette 87

6 Entwicklung der Planungs- und Steuerungsmethodik 90

6.1 Vorgehensmodell für das Geschäftsprozeßmanagement 90

6.2 Entwicklung der Planungskomponente 92

6.2.1 Globale Grobplanung 94

6.2.2 Lokale Feinplanung 97

6.2.2.1 Strukturplanung mit Prozeßbausteinen 98

6.2.2.2 Ablaufplanung mit Prozeßbausteinen 101

6.3 Entwicklung der Steuerungskomponente 106

6.3.1 Veranlassen der geplanten Prozeßbausteine 106

6.3.2 Reaktionsmechanismen 109

6.3.3 Konfliktlösungsmechanismen 113

6.4 Entwicklung der Monitoringkomponente 114

6.5 Bewertung des Lösungsansatzes 119

7 Verifikation des Konzepts am Beispiel Fahrzeugentwicklung 124

7.1 Ausgangssituation im Automobilbau 124

7.1.1 Trends in der Fahrzeugentwicklung 124

7.1.2 Vorherrschende Organisationsform in der Fahrzeugentwicklung 126

7.1.3 Einsatz von CA-Technik in der Fahrzeugentwicklung 127

7.2 Verifikation aus der Sicht einer Fahrzeugkomponente 128

7.2.1 Untersuchungsbereich 128

7.2.2 Zielsetzung 129

7.2.3 Planung eines zeitoptimierten Entwicklungs- und Planungsprozesses 130

7.2.3.1 Vorgehensweise 130

7.2.3.2 Grobplanung 131

7.2.3.3 Feinplanung mit Prozeßbausteinen 133

7.2.3.4 Planung des prozeßunterstützenden CA-Einsatzes 136

7.2.4 Steuerung eines realen Prozesses auf Basis des Referenzprozeßnetzes 139

7.2.4.1 Prozeßbegleitendes Monitoring 139

7.2.5 Verallgemeinerung des Praxisbeispiels 143

8 Zusammenfassung 145

9 Literaturverzeichnis 147

1 Ausgangssituation

Die produzierende Industrie am Standort Deutschland unterliegt einem sich stetig verschärfenden, globalen Wettbewerb (UHLMANN 1998). Langfristig wird sich der Produktionsstandort Deutschland, der im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hohe Produktionskosten aufweist (VDMA 1999), nur behaupten können, wenn es gelingt, diesen Kostennachteil durch innovative, hochpreisfähige Produkte zu rechtfertigen (MILBERG 1997).

Dieser Herausforderung können Produktionsunternehmen nur dann erfolgreich begegnen, indem sie einerseits die Innovationskraft ihrer Entwicklungsorganisationen erhöhen und andererseits die Effizienz und Flexibilität ihrer Produktionsprozesse verbessern (REINHART 1997, WESTKÄMPER 1999).

Somit muß es das Ziel der Unternehmen sein, schon in der Entwicklungsphase, die auch die Planung der Produktion eines neuen Produktes beinhaltet, neben der Straffung der Entwicklungsorganisation eine effiziente und technologisch innovative Planung der Produktionsprozesse zu gewährleisten.

Für eine Verbesserung der Wettbewerbssituation ist daher in den letzten Jahren im Maschinenbau, aber insbesondere in der Fahrzeugindustrie die Zielsetzung aufgekommen, Entwicklungsprozesse effizienter und effektiver zu gestalten (WILDEMANN 1993). Deutliche Verkürzungen von Innovationszyklen sind dabei häufig geforderte Ziele (KING 1989, CLARK & FUJIMOTO 1991, OCHS 1992). Gleichzeitig steigen der Kosten- und Qualitätsdruck bei immer kleineren Stückzahlen, zunehmender Variantenvielfalt und geringeren erzielbaren Preisen (vgl. Bild 1). Dabei werden in der Produktentwicklung die meisten Kosten, auch insbesondere die für den Produktpreis maßgeblichen Herstellkosten zum größten Teil schon festgelegt (EHRLENSPIEL 1995).

Hinzu kommt, daß die Unternehmen zunehmend einem turbulenten Umfeld ausgesetzt sind. Die Märkte, die Gesellschaft und das politische Umfeld ändern sich in immer kürzeren und weniger vorhersehbaren Zyklen (REINHART ET AL. 1998A).

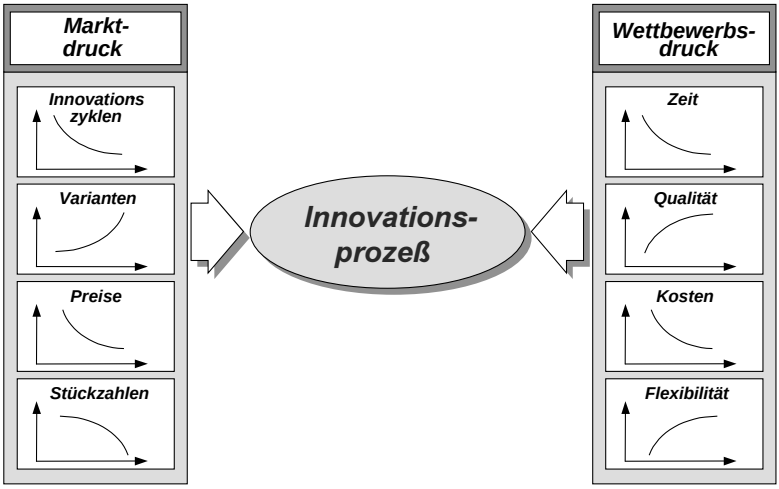


Bild 1: Anforderungen an den Innovationsprozeß (SCHUSTER & MURR 1998)

Deshalb wird auch in den Geschäftsprozessen eine erhöhte „Reaktionsfähigkeit“ benötigt (FROMM 1992). Wer reaktionsfähig ist, kann sich schneller auf nicht vorhersehbare Änderungen unternehmensinterner wie -externer Anforderungen einstellen, auch in Dimensionen, die vorher nicht bekannt waren (HIRSCHBERG ET AL. 1999). Für den oft noch langwierigen Innovationsprozeß bei komplexen Serienprodukten bedeutet dies, daß Veränderungen des Absatzmarktes (z.B. neue Kundenbedürfnisse, neue gesetzliche Auflagen), aber auch des Beschaffungsmarktes (z.B. neue verfügbare Produkt- und Prozeßtechnologien) kurzfristiger adaptiert und in das kundenbezogene Leistungsangebot integriert werden können (MILBERG 1998). Schnelligkeit in den Entwicklungsprozessen trägt somit auch zu einer erhöhten Reaktionsfähigkeit und damit letztendlich zu einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit bei (REICHWALD & SCHMELZER 1990, KÖPFER 1991, LINNER 1997).

Diese wirtschaftlichen und technologischen Herausforderungen zwingen die Unternehmen, ihre Geschäftsprozesse grundlegend zu hinterfragen, systematisch zu optimieren und an den gestiegenen Anforderungen auszurichten (HARRINGTON 1991, DAVENPORT 1993, HAMMER & CHAMPY 1994, EVERSHEIM 1995). Dies gilt insbesondere für den innovativen und kreativen Prozeß der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung, da hier die Vorausset-

zungen für den zukünftigen Unternehmenserfolg durch Produkt- und Prozeßinnovationen geschaffen werden (MILBERG 1998).

Eine Vielzahl externer wie interner Einflußfaktoren wirkt auf die Geschäftsprozesse in Produktentwicklung und Produktionsplanung ein (vgl. ROGGATZ 1998) und kann den Erfolg von Innovationsprojekten gefährden.

Die aus diesen Einflußparametern resultierende, organisatorische und technologische Dynamik von Entwicklungs- und Planungsprozessen und der gleichzeitige wirtschaftliche Zwang zu kürzeren Innovationszyklen und hochwertigeren Produkten und Produktionsprozessen haben zur Folge, daß herkömmliche, deterministische Methoden der Projektabwicklung häufig nicht mehr ausreichen (STUFFER & KLEEDÖRFER 1997).

Aus diesen vielfältigen Gründen stellt das Management von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen in einem turbulenten Umfeld, insbesondere für komplexe Produkte im Serienproduktgeschäft, eine sehr anspruchsvolle Aufgabe dar, die nur teilweise gelöst ist. Die Zeit-, Kosten- und Qualitätspotentiale in diesen Prozessen sind noch nicht ausgeschöpft (BULLINGER 1996A).

Daraus läßt sich Bedarf nach einer methodischen Unterstützung des Managements von Geschäftsprozessen in der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung ableiten, die insbesondere Rücksicht auf die zunehmende **Umfeldturbulenz** nimmt. Durch eine erhöhte **Reaktionsfähigkeit** in den **Entwicklungs**- und **Planungsprozessen** können somit zusätzliche Wettbewerbsvorteile erzielt werden.

2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, ein Konzept zu entwickeln, das einen Beitrag zur Erhöhung der Prozeßeffizienz und –effektivität bei gleichzeitiger Steigerung der Flexibilität von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen liefert. Dabei soll der Schwerpunkt auf das Management der zugehörigen Geschäftsprozesse im Sinne einer durchgängigen, operativen Planung und Steuerung gelegt werden.

Das Geschäftsprozeßmanagement soll dabei neben organisatorischen Lösungsansätzen die Potentiale des Einsatzes moderner, rechnergestützter Entwicklungs- und Planungsmethoden (vgl. SPUR 1997, RIX ET AL. 1995) aufgreifen, um die darin enthaltenen Zeit- und Kostenpotentiale zu erschließen.

Dazu soll eine Methodik entwickelt werden, die ein ***adaptives* Management von integrierten, rechnerunterstützten Entwicklungs- und Planungsprozessen** ermöglicht, mit folgenden drei Betrachtungsschwerpunkten:

- Operative Unterstützung bei der **Geschäftsprozeßplanung** und **-ausführung**
- Integration **rechnergestützter Entwicklungs-** und **Planungsmethoden** in die Geschäftsprozesse
- Hohe **Reaktionsfähigkeit** in der **Gestaltung** der **Geschäftsprozesse**

Der verfolgte Planungs- und Steuerungsansatz soll dabei gewährleisten, daß insbesondere von den Prozeßverantwortlichen und -durchführenden dezentral auf nicht planbare Einfluß- und Störgrößen flexibel, aber dennoch effizient und zielorientiert reagiert werden kann.

Der Anwendungsschwerpunkt soll auf komplexe Serienprodukte gelegt werden. Dies ist darin begründet, daß bei komplexen Produkten in der Regel auch komplexe Entwicklungs- und Planungsprozesse vorherrschen. Diese erfordern und rechtfertigen einen erhöhten Aufwand für das Management der zugehörigen Geschäftsprozesse und den Einsatz innovativer, rechnergestützter Entwicklungs- und Planungsmethoden.

3 Aufbau und Eingrenzung der Arbeit

Für eine systematische Durchdringung dieser komplexen Themenstellung bietet sich für die Arbeit folgender Aufbau an (s. Bild 2):

KAPITEL 1:	Einleitung und Ausgangssituation
KAPITEL 2:	Zielsetzung
KAPITEL 3:	Aufbau und Eingrenzung
KAPITEL 4:	Stand der Forschung und Technik
KAPITEL 5+6:	Entwicklung des Lösungsansatzes
KAPITEL 7:	Verifikation des Lösungsansatzes
KAPITEL 8:	Zusammenfassung

Bild 2: Aufbau der Arbeit

- Nach der bereits erfolgten Beschreibung von Ausgangssituation und Zielsetzung soll in diesem Kapitel das Thema der Arbeit näher erläutert und eingegrenzt werden (Kapitel 3).
- In der anschließenden Analyse des Standes von Forschung und Technik wird der Handlungsbedarf für die zu entwickelnde Planungs- und Steuerungsmethodik durch Aufzeigen aktueller Entwicklungen in der Produktentwicklung und Produktionsplanung und die Analyse existierender Ansätze aus Forschung und Praxis abgeleitet (Kapitel 4).
- In Kapitel 5 und 6 wird der Lösungsansatz zur flexiblen Gestaltung integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse hergeleitet. Im fünften Kapitel werden hierzu die grundsätzlichen Lösungsbausteine abgeleitet, die eine reaktionsfähige Planung und Steuerung auf Basis entsprechender Modellierungskonstrukte ermöglichen. Im anschließenden Kapitel 6 wird aufgezeigt, wie diese Lösungsbausteine in eine systematische, modellgestützte Vorgehensweise eingebettet werden können.

- Im folgenden Kapitel 7 wird die Verifikation des Lösungsansatzes an einem konkreten Anwendungsbeispiel aus der Fahrzeugentwicklung praxisnah verdeutlicht.
- Im letzten Kapitel wird die Arbeit abschließend in ihren wichtigsten Ergebnissen zusammengefaßt (Kapitel 8).

Die Arbeit setzt sich mit der **adaptiven Planung und Steuerung integrierter, rechnerunterstützter Entwicklungs- und Planungsprozesse am Beispiel komplexer Serienprodukte** auseinander (s. Bild 3).

Bild 3: Thematische Abgrenzung der Arbeit

Dazu sollen im folgenden die verwendeten Begriffe und der Untersuchungsbereich erläutert werden:

Unter „**Planung**“ ist die vorausschauende Vorwegnahme zukünftiger Ereignisse und Abläufe durch das Entwerfen und die Analyse in die Zukunft gerichteter „Szenarien“ zu verstehen (in Anlehnung an AGGTELEKY 1980, WIENDAHL 1997, GAUSEMEIER ET AL. 1996). Die Planung bildet die Grundlage für die anschließende Ausführung des Geschäftsprozesses. Im Rahmen der „**Steuerung**“ werden im Kontext dieser Arbeit alle zur Durchführung des geplanten Prozesses erforderlichen Aufgaben und Maßnahmen zusammengefaßt. Dies beinhaltet zum einen die Veranlassung und Überwachung des Prozesses gemäß der Planung, aber auch das Reagieren auf Planabweichungen und Störungen mittels geeigneter Maßnahmen (MÖßMER 1999). Unter „**adaptiver**“ Planung und Steuerung ist zu verstehen, daß auf unvermeidlich auftretende Abweichungen und Störungen des Geschäftsprozesses situationsabhängig, aber dennoch mög-

lichst schnell und effizient durch planende und steuernde Maßnahmen reagiert werden kann. Dies schließt eine Änderung der Entwicklungsziele mit ein.

Ein „**Geschäftsprozeß**“ läßt sich allgemein definieren als die „logische Reihenfolge zweckbetonter Handlungen betriebswirtschaftlichen, administrativen oder technischen Inhalts zur Transformation von Material, Energie und/oder Information“ (REINHART & GOLDSTEIN 1995).

Der Prozeß, der im Fokus dieser Arbeit steht, ist der Geschäftsprozeß der **„integrierten, rechnerunterstützten Entwicklung und Planung“**. Unter „**Entwicklung“** wird in diesem Zusammenhang die Entwicklung des Produktes, unter „**Planung“** die Planung der Produktionsprozesse und –anlagen verstanden (LINDEMANN ET AL. 1997). Von einer „**integrierten“** Entwicklung und Planung wird gesprochen, wenn die Definition des Produktes und der zugehörigen Produktion weitestgehend zeitparallel und inhaltlich aufeinander abgestimmt erfolgen (EVERSHEIM ET AL. 1995). „**Rechnerunterstützt**“ bzw. "**rechnergestützt**“ bedeutet in diesem Kontext, daß die Geschäftsprozesse von einem intensiven Einsatz computergestützter Methoden und Werkzeuge zur Produkt- und Prozeßgestaltung begleitet werden. Am Ende dieses Prozesses, in dem vorwiegend Informationen transformiert werden, sind das Produkt sowie die Produktion des Produktes mit den zughörigen Produktionsprozessen und Produktionsmitteln vollständig digital beschrieben und abgesichert (SCHÄFER 1998).

Im Laufe der Arbeit werden häufig als Synonyme für „integrierte Entwicklung und Planung“ die Begriffskombinationen „integrierte Produktentwicklung und Produktionsplanung“, „integrierte Produkt- und Prozeßentwicklung“ oder auch „integrierte Produkt- und Prozeßplanung“ verwendet. Die rechnergestützten Methoden werden häufig mit dem Begriff „CA-Methoden“ (Computer Aided) abgekürzt (vgl. ABELN 1993).

Als „**Serienprodukte“** werden hier industrielle Erzeugnisse definiert, die als Stückgut nach einem Serienverfahren hergestellt werden (BÜDENBENDER 1991). Im Gegensatz zur kundenindividuellen Einzel- oder Kleinserienfertigung werden bei der Serienproduktion die Produktentwicklung und Produktionsprozeßplanung in einem marktspezifischen, aber in der Regel kundenneutralen Prozeß abgewickelt. Der individuelle Kundenbezug wird erst über den Auftragsabwicklungsprozeß hergestellt wird. Der Produktionsprozeß wird dann als repetitiver Vorgang im Rahmen der Auftragsabwicklung kundenneutral oder kundenspezifisch abgewickelt (WILDEMANN 1996).

Unter **„Komplexität“** wird in der Systemtheorie die Zahl der Elemente eines Systems und die Zahl der Beziehungen zwischen den Elementen verstanden (vgl. WILKE 1982). Merkmale von „**komplexen Produkten**“ können beispielsweise sein (vgl. KÖHLER 1997):

- Hohe Teileanzahl
- Viele zu integrierende Produktfunktionen
- Große Variantenvielfalt (marktspezifisch, kundenspezifisch)
- Größe (besonders groß bzw. besonders klein)
- Viele oder/und aufwendige Fertigungsschritte

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Schwerpunkt der Betrachtung auf Produkte gelegt, die durch ihre Komplexität insbesondere in den Geschäftsprozessen der Entwicklung und Planung einen überdurchschnittlichen Aufwand verursachen und somit in der organisatorischen Abwicklung mit einfachen, konventionellen Methoden nicht - oder zumindest nicht effizient und flexibel - zu beherrschen sind (s. Bild 4).

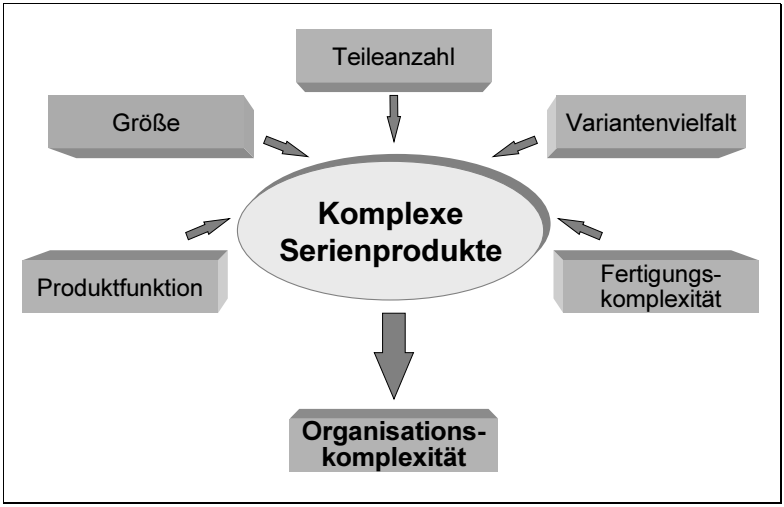


Bild 4: Kennzeichen komplexer Serienprodukte

4 Stand der Forschung und Technik

Zur Analyse des Standes der Forschung und Technik werden am Beginn organisatorische und technologische Entwicklungstendenzen aufgezeigt, die es für ein systematisches Management von integrierten, rechnerunterstützten Entwicklungs- und Planungsprozessen unter besonderer Beachtung eines „turbulenten Umfeldes“ zu berücksichtigen gilt.

Auf Basis daraus abgeleiteter Anforderungen werden bereits verfügbare Ansätze aus Forschung und Technik analysiert und bewertet. Dabei wird unterschieden in anwendungsneutrale Lösungsansätze und anwendungsspezifische, die insbesondere auf Entwicklungs- und Planungsprozesse ausgerichtet sind.

Im Anschluß daran wird der Handlungsbedarf für die zu entwickelnde Planungs- und Steuerungsmethodik konkret abgeleitet.

4.1 Entwicklungstendenzen in Entwicklung und Planung

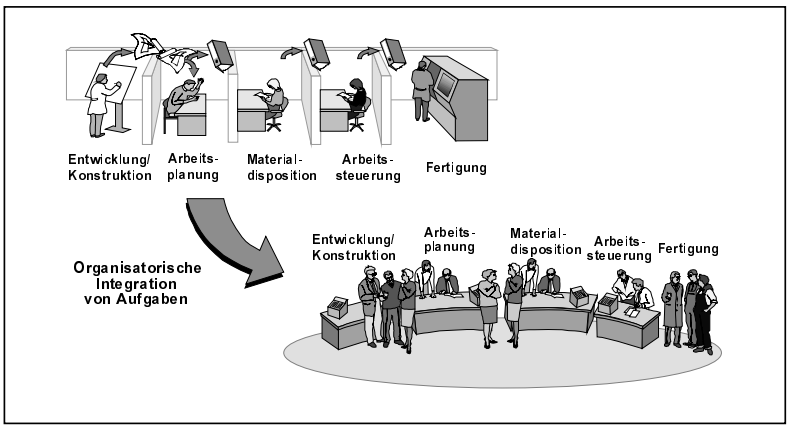


Bild 5: Von der Arbeitsteilung zur Aufgabenintegration (in Anlehnung an MILBERG & KOEPFER 1990)

Bereits seit mehreren Jahren werden intensive Anstrengungen unternommen, um die Effektivität und Effizienz von Entwicklungsorganisationen zu verbessern.

Im organisatorischen Umfeld lassen sich dabei vor allem die Gestaltungsansätze des „Simultaneous bzw. Concurrent Engineering“ nennen. Diese Ansätze verfolgen alle das Ziel, über eine verstärkte Integration der an der Entwicklung beteiligten Unternehmensfunktionen (s. Bild 5) die Nachteile arbeitsteiliger Organisationsstrukturen zu überwinden (EVERSHEIM ET AL. 1995, EHRLENSPIEL 1995, WARSCHAT 1994, REINHART 1998).

Zur Problematik der Aufgabenintegration von Entwicklung und Planung:

- Es existiert ein hohe Anzahl an organisatorischen, kommunikations- und informationstechnischen Schnittstellen zwischen prozeßbeteiligten Mitarbeitern, Abteilungen, Lieferanten, usw.
- Der angestrebte hohe Parallelitätsgrad bedingt einen sehr hohen Abstimmungsaufwand.
- Dadurch ergeben sich zusätzliche, dynamische Freiheitsgrade im Prozeß, die organisatorisch beherrscht werden müssen.

Es besteht die Gefahr, daß durch die Komplexität einer integrierten Vorgehensweise die Fehlerhäufigkeit und infolgedessen auch die Anzahl der Änderungen ansteigt. Somit können im ungünstigsten Fall die Verkürzungspotentiale wieder zunichte gemacht werden.

Ebenfalls im organisatorischen Bereich ist in den letzten Jahren ein zweiter Trend entstanden, der massiven Einfluß auf die Gestaltung der Aufbau- und Ablauforganisation in den Unternehmen ausgeübt hat. Ausgelöst durch das „Lean Management“ (WOMACK ET AL. 1992) begannen Anfang der Neunziger Jahre viele Unternehmen aus wirtschaftlicher Notwendigkeit, ihre Geschäftsprozesse zu reorganisieren und effizienter zu gestalten (HAMMER & CHAMPY 1994, GAITANIDES ET AL. 1994, NIPPA & PICOT 1995).

Im Zuge der sogenannten „Reengineering“-Welle trat neben der organisatorischen Straffung der Ablauforganisation auf der technologischen Seite auch der verstärkte Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik zur effizienten Unterstützung der Geschäftsprozesse verstärkt in den Vordergrund (SCHEER 1994A, FERSTL 1994, KRALLMANN 1996, GAUSEMEIER ET AL. 1997).

Die Geschäftsprozeßoptimierung hat vor den Entwicklungs- und Planungsprozessen nicht Halt gemacht (BULLINGER 1996A). Neben einer Verbesserung der Ablauforganisation gewinnt auch hier der verstärkte Einsatz von Informati-

onstechnologien zunehmend an Bedeutung (SPUR & KRAUSE 1997, BULLINGER ET AL. 1997, GRABOWSKI ET AL. 1995).

Durch die schnell voranschreitenden Entwicklungen im Bereich der sogenannten CAx-Technologien stehen neue rechnergestützte Entwicklungsmethoden und -werkzeuge zur Verfügung, die auch entsprechende Verfahrens- und Verhaltensinnovationen in den Geschäftsprozessen erfordern (vgl. DOURISH 1997).

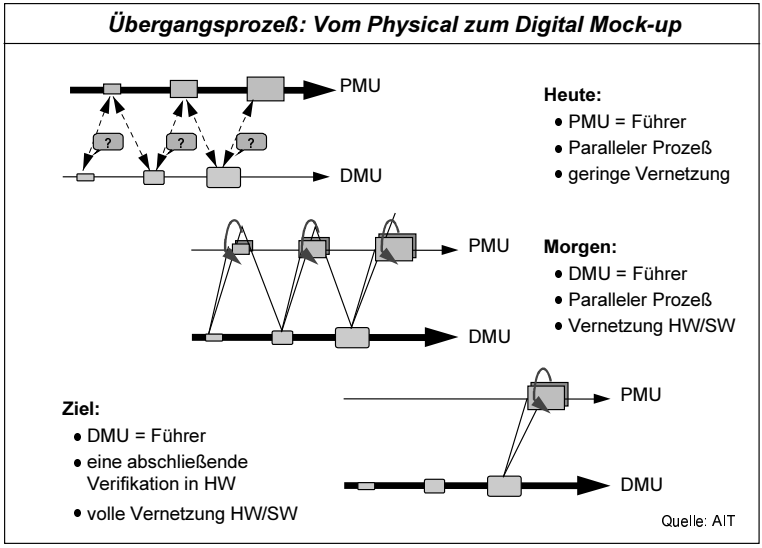


Bild 6: Migration vom Physical Mock-up (PMU) zum Digital Mock-up (DMU) (vgl. BALASUBRAMANIAN & KATZENBACH 1996)

Die sogenannte „virtuelle Produktentstehung“ (KRAUSE 1997), die auf einen verstärkten Einsatz digitaler anstelle physikalischer Prototypen abzielt, kristallisiert sich zu einem strategischen Ziel in vielen Branchen heraus.

Eine frühzeitige Validierung der Entwicklungsergebnisse mit virtuellen statt physikalischen Prototypen, d.h. mit einem „Digital Mock-up“ (DMU) statt einem „Physical Mock-up“ (PMU) (s. Bild 6), birgt ein großes Potential an Zeit- und Kosteneinsparungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Produktqualität.

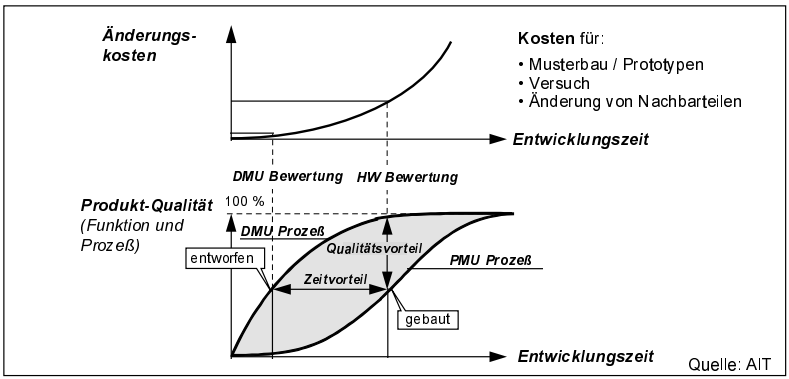


Bild 7: Zeit-, Kosten- und Qualitätsvorsprung durch DMU (vgl. BALASUBRAMANIAN & KATZENBACH 1996)

Bild 7 verdeutlicht den Zeit- und Qualitätsvorteil eines durchgängigen DMU-Prozesses gegenüber einem PMU-Prozeß. Entwicklungs- und Planungsergebnisse stehen zu einem früheren Zeitpunkt in einer höheren Qualität zur Verfügung. Zudem können Kosten für aufwendige Hardwareprototypen durch den Einsatz von sogenannten Softwareprototypen eingespart werden. Eine DMU-Strategie sollte sich aber nicht nur auf die Gestaltung eines virtuellen Produktes, sondern auch auf die Planung und Absicherung der zugehörigen Produktion auf Basis rechnergestützter Modelle und Planungsmethoden beziehen (vgl. PLONKA & OLLING 1997, DREWS & WEYRICH 1997). Durch die Erweiterung eines DMU auf die Produktionsprozesse können zusätzliche Zeit- und Kostenpotentiale in einer integrierten Produkt- und Prozeßentwicklung erschlossen werden (GOMEZ ET AL. 1997).

4.2 Auswirkungen auf das Geschäftsprozeßmanagement

Die Migration vom „Physical“ zum „Digital Mock-up“ in den Entwicklungs- und Planungsprozessen erfordert eine Umgestaltung der Geschäftsprozesse aufgrund zusätzlicher Anforderungen. Dabei sind vor allem zwei Aspekte zu berücksichtigen:

- Integration der Informationslogistik in das Prozeßmanagement

Einem effizienten und flexiblen Management der Geschäftsprozesse, das neben der Ablaufplanung und -steuerung die Gestaltung der Informations- und Kommunikationsflüsse berücksichtigt, kommt für eine optimale Durchführung eines rechnergestützten Entwicklungs- und Planungsprozesses eine entscheidende Bedeutung zu. Als Folge müssen die Geschäftsprozesse der Produktgestaltung sowie der Produktionsplanung nicht nur zeitlich und inhaltlich, sondern auch bezogen auf den Informationsfluß noch stärker miteinander vernetzt werden. An den organisatorischen Schnittstellen dieser beiden Teilprozesse müssen im Sinne interner und externer „Kunden-Lieferanten-Beziehungen“ (vgl. REINHART & SCHNAUBER 1997) aktuelle Informationen zum Produkt, zur Produktion wie auch zum Entwicklungsprozeß selbst nach definierten Vereinbarungen ausgetauscht werden (s. Bild 8).

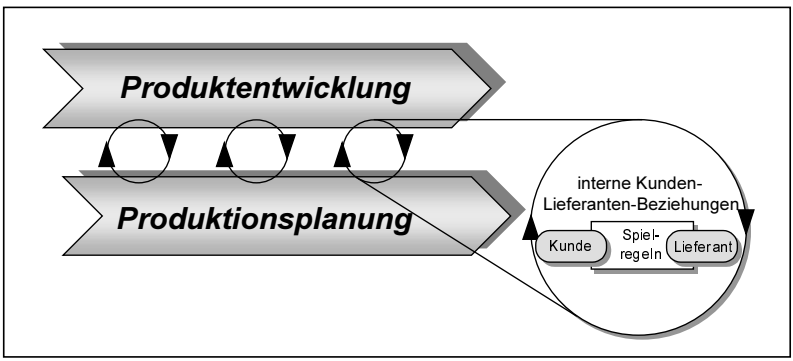


Bild 8: Informationslogistik in der integrierten Entwicklung und Planung

- Integration innovativer CA-Methoden

Der zweite wesentliche Aspekt, den es beim Management von DMU-Prozessen zu berücksichtigen gilt, ist die ablauforientierte Integration CA-gestützter Methoden und Werkzeuge in den Entwicklungs- und Planungsprozeß. Um einen DMU von Produkt und Produktion zu ermöglichen, muß festgelegt werden, welche rechnergestützten Entwicklungs- und Planungsmethoden zu welchem Zeitpunkt in den Geschäftsprozeß zu integrieren sind (s. Bild 9).

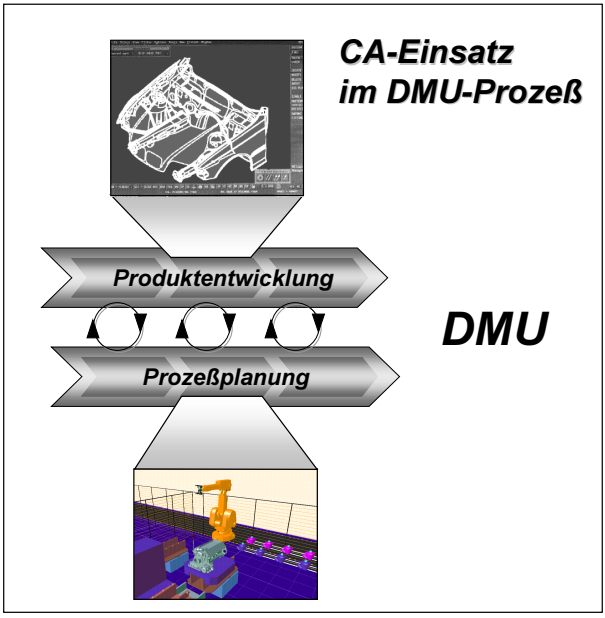


Bild 9: CA-Einsatz im DMU-Prozeß

Im Sinne einer durchgängigen DMU-Strategie, bei der Hardwareprototypen nur noch zur Bestätigung der in der Auslegung und Berechnung ermittelten Ergebnisse herangezogen werden, müßten alle Produkt- und Prozeßmerkmale, die bisher noch in physikalischen Experimenten abgesichert werden, ausschließlich auf Basis „virtueller“ Methoden nachgewiesen werden. Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen aber, daß dieser Ansatz derzeit noch nicht vollständig realisierbar ist (vgl. DÖLLNER ET AL. 1997). Allerdings ist das Potential bzgl. Zeit- und Kostenersparnis dieser neuartigen Entwicklungsverfahren unbestritten.

Dafür müssen die organisatorischen Voraussetzungen über ein entsprechendes Management der Geschäftsprozesse geschaffen werden.

Resultierende Anforderungen an das Geschäftsprozeßmanagement:

Bild 10: Anforderungen an das Geschäftsprozeßmanagement

Im folgenden sind die charakteristischen Merkmale von rechnerunterstützten, integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen, die es für eine adaptive Planung und Steuerung der zugehörigen Geschäftsprozesse zu berücksichtigen gilt (s. Bild 10), noch einmal zusammengefaßt:

➔ Zunehmende Vernetzung und Parallelisierung der Geschäftsprozesse

Um das vorhandene Zeitpotential erschließen zu können, stellt eine möglichst starke Vernetzung und Parallelisierung von Produkt- und Prozeßentwicklung eine wichtige Voraussetzung dar (WILDEMANN 1993, EVERSHEIM ET AL. 1995). Auf der anderen Seite ergibt sich daraus eine Vielzahl zusätzlicher organisatorischer und informationstechnischer Schnittstellen, die mit entsprechendem Aufwand beherrscht werden müssen.

➔ Hohe Anzahl beteiligter Funktionen und Mitarbeiter

Die Komplexität dieser Kategorie von Entwicklungsprozessen kann nur von einer großen Anzahl von Experten gelöst werden, die über das erforderliche or-

ganisatorische, aber auch technologische Know-how verfügen. Dabei ist eine Vielzahl von Unternehmensdisziplinen (z.B. Marketing, Styling, Konstruktion, Versuch, Einkauf, Fertigungsvorbereitung, Fertigung, Vertrieb, Lieferanten, ...) über Standort- und Unternehmensgrenzen hinweg zu integrieren und zu koordinieren (REINHART & BRANDER 1996).

➔ Hohe Bedeutung von Information und Wissen

„Das richtige Wissen zur richtigen Zeit an der richtigen Stelle wird damit zu einer der entscheidenden Erfolgsvoraussetzungen dieser modernen Entwicklungsverfahren“. Dieses Zitat vermittelt die hohe Bedeutung der Faktoren Information und Wissen im rechnergestützten Produktentwicklungsprozeß (LULLIES ET AL 1993).

➔ Paralleles Informationswachstum

Im Gegensatz zu repetitiven, sequentiellen Geschäftsprozessen sind Entwicklungs- und Planungsprozesse durch ein starkes, paralleles Informationswachstum gekennzeichnet (GOLDSTEIN 1996). Dieses Wachstum bezieht sich auf die kontinuierliche, zeitgleiche Detaillierung des Produktes, des Produktionsprozesses und der Produktionsanlagen. Erst am Ende des integrierten Entwicklungs- und Planungsprozesses sind diese drei Objekte vollständig beschrieben. Dieses parallele Wachstum erschwert eine stringente Vorausplanung der Abläufe.

➔ Große Bedeutung innovativer CA-Technologien

Die überwiegend softwaregestützte Absicherung von Produkt und Prozeß erfordert den Einsatz entsprechender CA-Methoden und -Werkzeuge, mit denen sich das Verhalten von Produkt und Produktion auch ohne Hardwareuntersuchungen mit physikalischen Prototypen in einem frühen Entwicklungsstadium validieren läßt (REINHART ET AL. 1997A).

➔ Hoher Stellenwert von Prozeßeffizienz und –effektivität

„Die richtigen Dinge tun (Effektivität), und die Dinge richtig tun (Effizienz)“ (vgl. LAUFENBERG 1996). Der Inhalt dieses Zitats nimmt im Zusammenhang mit DMU-Prozessen eine zentrale Bedeutung ein. Der zusätzliche Aufwand, den diese neue Vorgehensweise erfordert, muß sich letztendlich in kürzeren Entwicklungsdauern, reduzierten Entwicklungskosten und einer höheren Qualität der Prozeßergebnisse widerspiegeln.

➔ geringer Determinierungs- bzw. Formalisierungsgrad

Bedingt durch die vorgenannten Faktoren nimmt die Bestimmtheit und Vorhersagbarkeit der Prozesse immer stärker ab. Diese reduzierte Planbarkeit resultiert im wesentlichen aus den häufig wechselnden Randbedingungen und neuen Erkenntnissen bzgl. Produkt- und Produktionsprozeß, welche sich erst im Verlauf des Entwicklungs- und Planungsprozesses konkretisieren. Der geringe Determinierungsgrad des integrierten Entwicklungsprozesses, insbesondere in der sogenannten „frühen Phase“ (s. Bild 11), hat zur Folge, daß keine langfristige Planung stattfinden kann. Andererseits kann dies aber als Chance gesehen werden, durch intelligente Planungs- und Steuerungsansätze schon früh die Weichen für einen effektiven und effizienten Prozeßverlauf zu stellen.

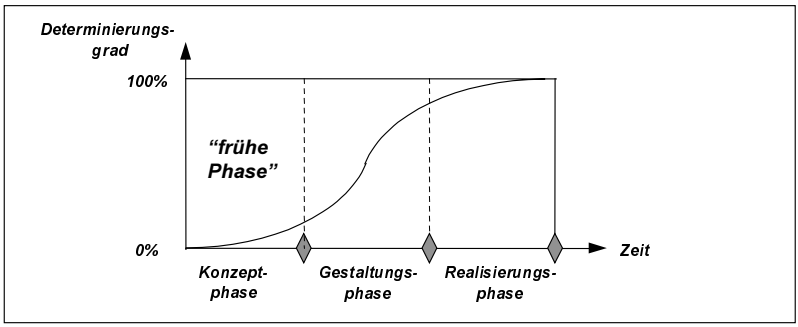


Bild 11: Determinierbarkeit des Entwicklungs- und Planungsprozesses

Fazit:

Diese Ausgangssituation verdeutlicht, daß ein Digital Mock-up von Produkt und Produktion in Verbindung mit einer organisatorischen Integration von Produktentwicklung und Produktionsplanung in einem zunehmend dynamischen Umfeld zusätzliche Anforderungen an das Management der zugehörigen Geschäftsprozesse stellt. Zur Konkretisierung des Handlungsbedarfes werden in den folgenden Kapiteln verschiedene Methoden aus Forschung und Praxis vorgestellt und bezüglich der in diesem Kapitel formulierten Anforderungen bewertet. Dabei werden sowohl allgemeine als auch entwicklungs- und planungsspezifische Ansätze betrachtet.

4.3 Methoden zum Management von Geschäftsprozessen

Die in diesem Kapitel vorgestellten Managementmethoden zielen nicht speziell auf integrierte Entwicklungs- und Planungsprozesse ab, sind aber insofern für die Arbeit relevant, da sie eine höhere Effektivität und Effizienz von Geschäftsprozessen verfolgen, die auch für die integrierte Produktentwicklung und Produktionsplanung erforderlich sind. Dabei werden das *Projektmanagement*, das *Geschäftsprozeßmanagement* sowie weitere *prozeßorientierte Verfahren* vorgestellt. Zur Darstellung der Ansätze wird jeweils folgender Aufbau innerhalb der Kapitel verwendet:

- **Einordnung**: Dient dazu, den Kontext des Ansatzes zur vorliegenden Arbeit herzustellen.
- **Inhalt**: Gibt einen kurzen Überblick über die wesentlichen Inhalte und Kennzeichen des jeweiligen Themas.
- **Bewertung**: Beinhaltet eine zusammenfassende Bewertung des Ansatzes, insbesondere bezüglich der Anforderungen, die im vorangegangenen Kapitel formuliert wurden.

4.3.1 Klassisches Projektmanagement

Einordnung:

Das Projektmanagement hat sich bereits seit mehreren Jahrzehnten zum am weitesten verbreiteten Werkzeug zur Planung und Steuerung spezifischer Vorhaben entwickelt (HEEG 1993). Mit den Methoden des „klassischen“ Projektmanagements werden aufwendige, einmal stattfindende Aufgaben mit einem vorgegebenen Ziel- und Zeitrahmen, wie sie auch komplexe Entwicklungsvorhaben darstellen, unter zeitlichen, kapazitiven und monetären Randbedingungen geplant und in der Durchführung überwacht (PLATZ 1994, LITKE 1995).

Inhalt:

Bild 12 gibt einen Überblick über die wesentlichen Bestandteile des Projektmanagements. Wichtig für die Durchführung von Projekten ist, daß diese Hauptaufgaben nicht einzeln für sich, sondern integriert betrachtet werden (PLATZ 1994).

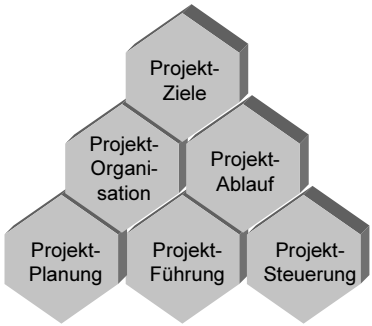


Bild 12: Hauptelemente des Projektmanagements (PLATZ 1994)

Dabei steht eine Vielzahl von Planungsmethoden und -werkzeugen zur Verfügung (MADAUSS 1995). In der Praxis werden am häufigsten Zeit-, Kapazitäts- und Kostenpläne oder Kombinationen aus diesen eingesetzt (s. Bild 13):

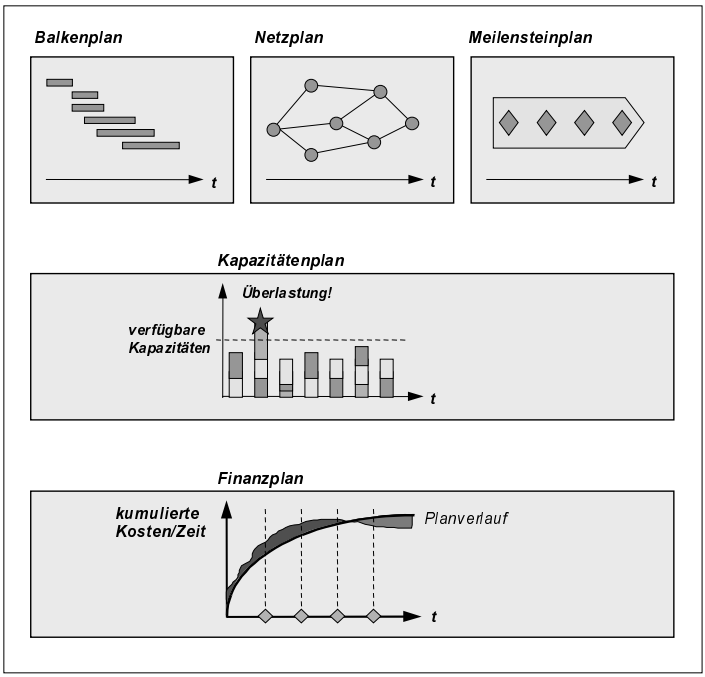


Bild 13: Planungswerkzeuge des Projektmanagements

Bewertung:

Die Methoden des konventionellen Projektmanagements werden in dieser Ausprägung den gestiegenen Anforderungen des Management von integrierten, rechnergestützten Entwicklungs- und Planungsprozessen nur zum Teil gerecht. Eine isoliert betrachtete, rein zeitlich, kapazitiv und monetär beschränkte Planung und Überwachung des Prozeßverlaufs ist für einen hoch dynamischen, integrierten Entwicklungsprozeß mit der hohen Aktivitätenvernetzung, einer integrierten Prozeß- und Informationslogistik unter Einsatz modernster CA-Technologien nicht ausreichend. Die Methoden des Projektmanagements bilden aber eine wichtige Basis für die Planung und Steuerung komplexer Entwicklungsprozesse und sind deshalb beispielsweise in das Simultaneous Engineering eingeflossen (vgl. Kap. 4.6.2).

4.3.2 Geschäftsprozeßmanagement allgemein

Einordnung:

In den vergangenen Jahren haben sich modernere Ansätze zur systematischen Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen herausgebildet. Diese Ansätze reichen von einem radikalen „Redesign“ (HAMMER & CHAMPY 1994, MORRIS 1994) der Prozesse, das von einer völligen Neugestaltung der Abläufe ausgeht, bis hin zu „evolutionären“ Verbesserungsprozessen (HARRINGTON 1991, IMAI 1986).

Inhalt:

Allen Methoden gemeinsam ist eine systematische Prozeßorientierung mit dem Ziel, die Effektivität und Effizienz der Geschäftsprozesse deutlich zu verbessern. Kennzeichen dieser Prozeßorientierung sind eine verstärkte Ausrichtung auf den Kunden, die Fokussierung auf die Wertschöpfung oder die funktionsübergreifende Konzentration von Verantwortlichkeiten und Kompetenzen (GAITANIDES ET AL. 1994, MURR 1995).

Generelle Möglichkeiten zur Optimierung von Geschäftsprozessen werden beispielsweise in REINHART ET AL. (1996) dargestellt. Eine sogenannte „business simplification“ kann erreicht werden durch *Eliminieren*, *Auslagern*, *Integrieren*, *Parallelisieren*, *Vertauschen* oder auch *Automatisieren* einzelner Aktivitäten.

Insbesondere die Automatisierung von sich häufig wiederholenden Geschäftsprozessen erfordert den prozeßbegleitenden Einsatz von Informationstechnik. Ansätze, die sich mit einem systematischen, modellbasierten Vorgehen zur rechnergestützten Beschreibung, Analyse und Durchführung von Geschäftsprozessen auseinandersetzen, finden sich beispielsweise in SCHEER (1994), FERSTL (1994) oder DEITERS (1997). Dabei werden vor allem Modellierungsarchitekturen und –methoden entwickelt (Z.B. CIMOSA 1995, AUGRAI 1995), die eine möglichst vollständige Abbildung von Geschäftsprozessen erlauben mit dem Ziel, diese Prozesse auch rechnergestützt durchzuführen (KRALLMANN 1996, GAUSEMEIER ET AL. 1997). Zu diesem Zweck werden laufend neue Softwarewerkzeuge entwickelt (BACH ET. AL. 1995, KAESELER 1996), deren Einsatzbereich von der reinen Abbildung, rechnergestützten Analysen über die Generierung von prozeßunterstützender Software (sogenannte „CASE-Tools“, vgl. BALZERT 1992) bis hin zur Automatisierung des Informationsflusses durch sogenannte „Workflowmanagementsysteme“ reicht (KOCH 1996).

Bewertung:

Das Anwendungsgebiet dieser Methoden und Tools liegt vorwiegend auf stark strukturierten, repetitiven Prozessen, bei denen durch Wiederholungs- und Lerneffekte Effizienzsteigerungen zu erwarten sind (KLABUNDE ET AL. 1997).

In der schwach strukturierten, gering deterministischen Produkt- und Prozeßentwicklung haben sich deshalb für ein softwaregestütztes Prozeßmanagement bisher kaum Anwendungen durchgesetzt, da diese Kategorie von Geschäftsprozessen aufgrund ihrer Komplexität und hohen Dynamik mit den bisher verfügbaren Methoden und Werkzeugen in der Planung und Steuerung nicht beherrscht wird.

Die Ansätze, die z.B. branchenspezifische Referenzmodelle verwenden (vgl. SCHEER 1994B), bergen den Nachteil, daß sie auf vorgefertigten Standardabläufen basieren. Eine unternehmensspezifische Anpassung muß dabei mit hohem Aufwand durchgeführt werden, um überhaupt eine wettbewerbliche Differenzierung der Geschäftsprozesse zu ermöglichen.

Im Sinne der Bewertung von Prozeßeffizienz und –effektivität liegt der Schwerpunkt der Betrachtung meistens auf der Verbesserung der Prozeßeffizienz. Eine Bewertung der Qualität der Prozeßergebnisse wird in der Regel vernachlässigt.

4.3.3 Prozeß-Benchmarking

Einordnung:

Für die Etablierung am Wettbewerb ausgerichteter Effizienz- und Effektivitätsstandards in den Geschäftsprozessen eignet sich das sogenannte Prozeß-Benchmarking.

Inhalt:

Benchmarking ist die Suche nach Lösungen, die auf den besten Methoden und Verfahren der Industrie, den sogenannten „best practices“ (vgl. PROSCI 1997), basieren und ein Unternehmen zu Spitzenleistungen führen sollen (CAMP 1994, WILDEMANN 1995A). Es ist eine nach festen Regeln verlaufende Ermittlung und Etablierung eines Standards, mit dem die internen Bereiche verglichen werden können (ZAIRI & LEONHARD 1994). Benchmarking ist ein Managementprozeß, der, um effizient zu sein, kontinuierlich durchgeführt werden muß, da sich die Industriepraktiken ständig ändern.

Voraussetzung für ein erfolgreiches Prozeß-Benchmarking ist die Analyse der Stärken und Schwächen der internen Abläufe. Benchmarking hat aber auch Nachteile, so z.B. den erheblichen Aufwand in Form von Datenerhebung und Informationsbeschaffung sowie Probleme durch eingeschränkte Vergleichbarkeit von Daten.

Um durch das Benchmarking Spitzenleistungen zu erreichen, müssen die Verfahrensweisen so verändert werden, daß sie zu Vereinfachungen führen („business simplification“, vgl. REINHART ET AL. 1996).

Bewertung:

Mit einem Benchmarking steht ein Instrumentarium zur Verfügung, um realistische, am Wettbewerb orientierte Zielvorgaben für Geschäftsprozesse zu ermitteln. Benchmarking kann somit auch die Voraussetzungen schaffen, um die Effektivität und Effizienz von Entwicklungsprozessen zu optimieren (vgl. BÜRGEL ET AL. 1997). Dies gilt insbesondere für die am Wettbewerb ausgerichtete Identifikation von Leistungszielen (z.B. „Welche Time-to-Market oder Time-to-Customer soll erreicht werden?“). Benchmarking unterstützt aber nicht eine adaptive Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen.

4.3.4 Prozeß-Auditierung

Einordnung:

Die Auditierung wird im Gegensatz zum Benchmarking vor allem eingesetzt, um interne Leistungsstandards im Unternehmen zu etablieren. Die daraus abgeleitete Form der Prozeß-Auditierung dient dazu, Geschäftsprozesse einer objektiven Leistungsvereinbarung und –kontrolle zu unterziehen (vgl. STRICH 1997).

Inhalt:

Die Auditierung ist ein vergangenheitsbezogener, sich ständig wiederholender Vorgang, der durch vom Untersuchungsobjekt unabhängige und nicht in die betrachteten betrieblichen Abläufe integrierten Personen abgewickelt wird, um Aktivitäten oder Maßnahmen zu überwachen (HOFMANN 1972, GASTER 1987, HERING ET AL. 1996).

Eine wichtige Rolle für den reibungslosen Ablauf und die Durchgängigkeit der Geschäftsprozesse spielt die Gestaltung der Schnittstellen, und zwar sowohl zwischen den Hauptprozessen - beispielsweise zwischen Produkt- und Prozeßplanung - als auch innerhalb eines Geschäftsprozesses zwischen Subprozessen und Einzelaktivitäten – z.B. in Entwicklung und Konstruktion. Hierfür bietet sich beispielsweise als Verbesserungsansatz für Geschäftsprozesse die gegenseitige Auditierung von Schnittstellen an (STRICH 1997).

Der Ansatzpunkt zur Gewinnung von Kriterien zur Schnittstellen-Auditierung liegt im internen Kunden-Lieferanten-Prinzip (vgl. REINHART & SCHNAUBER 1997). Hier geht es um die partnerschaftliche Vereinbarung unternehmensinterner Leistungen, die Festlegung von Modalitäten für deren Erstellung und Abnahme sowie die Vorgehensweise bei Abweichungen. Für eine Schnittstellen-Auditierung definiert der interne Kunde als Prozeßeigner des nachfolgenden (Sub-)Prozesses seine Anforderungen im Sinne von Auditierungskriterien an den Vorgängerprozeß. Mit dieser Vorgehensweise können beispielsweise nicht abgestimmte Hilfsmittel oder Medien im Subprozeß identifiziert werden. Es findet eine Rückkopplung statt, die für die Durchgängigkeit des Gesamtprozesses förderlich ist.

Bewertung:

Da der interne Kunde als Prozeßeigner des nachfolgenden Teilprozesses seine Anforderungen (qualitativer, zeitlicher und auch monetärer Art) im Sinne von Auditierungskriterien an den Vorgängerprozeß festlegt, sind gute Voraussetzungen gegeben für eine leistungsgerechte Gestaltung und Bewertung des Geschäftsprozesses.

Auch dieser Ansatz kann einen wertvollen Beitrag zur Steigerung der Effizienz in der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung leisten. Durch die schnittstellenbezogene Leistungsvereinbarung kann insbesondere der funtionsübergreifenden Zieledefinition, wie sie bei der integrierten Entwicklung und Planung erforderlich ist, Rechnung getragen werden. Die Prozeß-Auditierung ersetzt allerdings nicht ein adaptives Prozeßmanagement, wie es in dieser Arbeit gefordert wird.

Die nachfolgenden kennzahlenorientierten Managementansätze dienen vor allem einer zielorientierten Planung und Steuerung mittels definierter, objektiver Bewertungskriterien.

4.3.5 Prozeßkennzahlen

Einordnung:

Kennzahlen sind ein geeignetes Instrument, um Prozeßzustände anschaulich darzustellen, zu überwachen und daraus Optimierungspotentiale für die Geschäftsprozesse abzuleiten.

Inhalt:

Generelle Arten von betriebswirtschaftlichen Kennzahlensystemen werden beispielsweise in BAUMBUSCH (1988) oder BOMM (1993) beschrieben (s. Bild 14).

SCHÖNHEIT & LACKNER (1996) beschreiben einige als wesentlich erachtete Prozeßkennzahlen für eine wirtschaftliche Prozeßorganisation:

1. Abgeschlossenheit
2. Eigenverantwortlichkeit
3. Ergebnisprinzip
4. Effizienzmerkmal
5. Prozeßflexibilität

Systematisierungs-merkmal	**Arten betriebswirtschaftlicher Kennzahlensysteme**					
nach der Verknüpfung der Elemente	Rechensysteme (quantifizierte Elemente und quantifizierte Elementsbeziehungen)			Ordnungssysteme (quantifizierte Elemente und unquantifizierte Elementsbeziehungen)		
nach der Stellung im betrieblichen Sozialsystem	Kennzahlen-Systeme als					
	Ziel-Systeme	Entscheidungs-Hierarchien		Kommunikations-Systeme		Kontroll-Systeme
nach der Methode der Entwicklung	induktiv abgeleitete Kennzahlen-Systeme			deduktiv abgeleitete Kennzahlen-Systeme		
nach der Art des zu messenden Sachverstandes	Kennzahlen-Systeme zur Messung von Strukturen			Kennzahlen-Systeme zur Messung von Prozessen		
nach der zeitlichen Dimension	Kennzahlen-Systeme mit Plan- (Soll-) Zahlen (Planungssysteme)			Kennzahlen-Systeme mit Ist- Zahlen (Kontrollsysteme)		
nach der Zugehörigkeit zu einer betriebswirtschaftlichen Funktion	Kennzahlen-Systeme aus der Funktion					
	Beschaffung	Lager-wirtschaft	Produktion	Absatz	Personal-wirtschaft	Finanzwirtschaft Jahresabschluß
nach der Verwendungs-orientierung	Analyse-Kennzahlen-Systeme			Steuerungs-Kennzahlen-Systeme		

Bild 14: Arten betriebswirtschaftlicher Kennzahlensysteme (nach BOMM 1993)

Bewertung:

Allgemein läßt sich festhalten, daß Kennzahlen ein ganz wesentlicher Faktor innerhalb eines Planungs- und Steuerungssystems sind (STAEHLE 1969). Sie können Informationen aussagekräftig verdichten und Trends bei entsprechender Visualisierung transparent machen, die aus absoluten Werten nicht oder nur schwer zu erkennen wären (SCHÜRRLE 1996). Kennzahlen stellen somit ein wichtiges Hilfsmittel insbesondere für die zielorientierte Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen dar. Die hier vorgestellten Prozeßkennzahlen ermöglichen eine integrierte Betrachtung von Prozeßeffizienz, -effektivität und –flexibilität. Eine adaptive Planung und Steuerung von Geschäftsprozessen ist damit aber noch nicht gewährleistet.

Die beiden folgenden Ansätze vertiefen die kennzahlenorientierte Betrachtung von Geschäftsprozessen und konzentrieren sich dabei vor allem auf die Bewertung und Optimierung von *Prozeßzeiten* und *Prozeßkosten*.

4.3.6 Prozeßzeitenmanagement

Einordnung:

Die Verkürzung von Prozeßdurchlaufzeiten hat in vielen Unternehmen höchste Priorität. Grund dafür sind vor allem die folgenden Aspekte (KIENINGER 1994, WILDEMANN 1994): Kurze Durchlaufzeiten sowohl bei den Lieferzeiten („Time-to-

Customer“) als auch bei den Entwicklungsdauern („Time-to-Market“) werden als wichtiges Differenzierungskriterium im Wettbewerb gesehen. Dies spiegelt sich meist auch in einem Kostenvorteil wider (SCHMELZER 1990). Nicht zuletzt eröffnen kurze Durchlaufzeiten zusätzliche Flexibilitätsreserven, da das Unternehmen mit den kürzeren Durchlaufzeiten auch schneller auf unvorhergesehene Anforderungen reagieren kann.

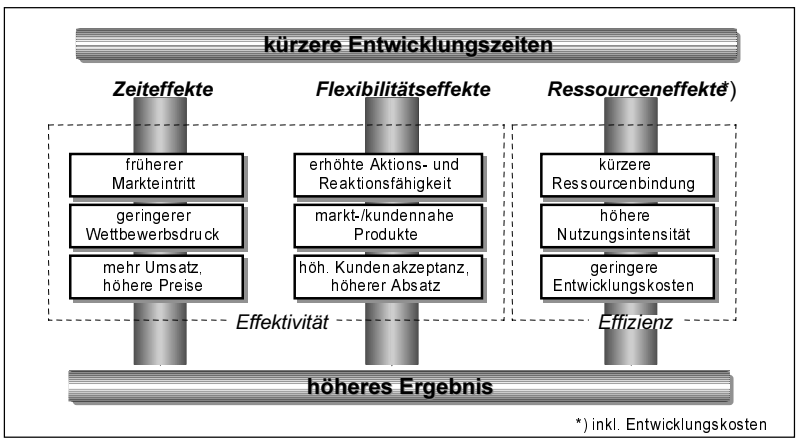


Bild 15: Wirkungen der Verkürzung von Entwicklungszeiten (vgl. SCHMELZER 1990)

Inhalt:

Gegenstand des Prozeßzeitenmanagements ist die Erfassung und zeitliche Bewertung von (Geschäfts-)Prozessen sowie die Erarbeitung von Maßnahmen zur Reduzierung der Durchlaufzeiten (KIENINGER 1994).

Bewertung:

Nach KIENIGER (1994) lassen sich durch ein Prozeßzeitenmanagement zum Teil erhebliche Durchlaufzeit-Reduzierungen erzielen. Somit kann auch die Effizienz in der integrierten Produkt- und Prozeßplanung bei erfolgreicher Anwendung des Verfahrens beträchtlich gesteigert werden.

Dieses Verfahren ist aber nur ein Element eines integrierten Prozeßmanagements und bewertet lediglich den Faktor Zeit. Daher ist es wichtig, neben der Prozeßzeitenmethode noch andere Verfahren in Kombination anzuwenden.

4.3.7 Prozeßkostenrechnung

Einordnung:

Aufgrund der immer stärker steigenden Gemeinkostenanteile in den indirekt produktiven Bereichen, zu denen auch die Produkt- und Prozeßplanung zählen, wurde für eine verursachungsgerechtere Kostenzuordnung die Prozeßkostenrechnung entwickelt (HORVÁTH & MAYER 1989).

Inhalt:

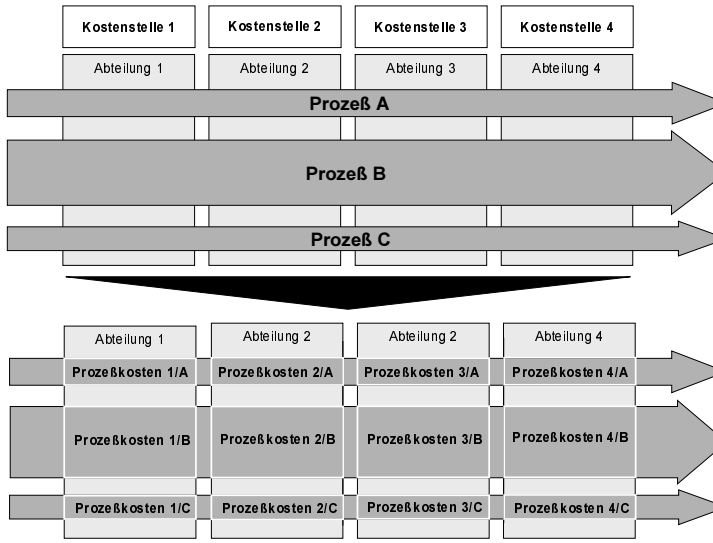


Bild 16: Übergang von der Kostenstellen- zur Prozeßkostenrechnung (nach HORVATH & MAYER 1989)

Grundgedanke der Prozeßkostenrechnung ist es, die Leistungen der indirekten Bereiche in Prozesse zu zerlegen und diesen die entsprechenden Kosten zuzuordnen (WILDEMANN 1995B). Als Aktivitäten werden dabei die in diesen Bereichen durchgeführten Aufgaben bezeichnet. Voraussetzungen für eine leistungsabhängige und verursachungsgerechte Kostenzurechnung sind die Auswahl geeigneter Bezugsgrößen für jeden einzelnen Prozeß und die Zuordnung der Prozesse zu den zu kalkulierenden Produkten, Komponenten oder Aufträgen.

Ausgangspunkt bei der Prozeßkostenrechnung ist eine Tätigkeitsanalyse zur Identifizierung der relevanten Prozesse. Die ermittelten Teilprozesse sind einerseits den leistungserbringenden Kostenstellen (z.B. Abteilungen) und darüber hinaus dem übergeordneten Hauptprozeß zuzuordnen (s. Bild 16).

Bewertung:

Um zuverlässige Kostensätze ermitteln zu können, muß die Wiederholhäufigkeit des einzelnen Prozesses ausreichend hoch sein. Dies ist insbesondere bei Entwicklungsprozessen schwierig, weil hier z.B. im Vergleich zu repetitiven Fertigungsprozessen die Wiederholraten sehr gering, dafür aber die Zyklusdauern sehr lang sind. Außerdem ergeben sich Schwierigkeiten dadurch, daß beispielsweise im Rahmen von Teamarbeit und Multiprojektsituationen einzelne Mitarbeiter so vielfältige Tätigkeiten auszuführen haben, daß eine eindeutige und quantitative Zuordnung einzelner Arbeitsschritte zu einzelnen Prozessen nicht möglich ist. Trotzdem erlaubt die Prozeßkostenrechnung im Vergleich zur konventionellen Vollkostenrechnung eine bessere Planung der Gemeinkostenbereiche und eine verursachungsgerechtere Zuordnung der Gemeinkosten auf einzelne Produktprojekte (LORENZEN 1997).

4.4 Prozeßmanagement aus Sicht der Systemtheorie

Einordnung:

Unternehmensprozesse als komplexe Organisationen mit vielen dezentralen Abteilungen und somit vielen internen Kunden-Lieferanten-Beziehungen sind als baumartige, selbstähnliche Teil- oder Subsysteme darstellbar (MERKEL 1995). Kunden werden durch sogenannte positive Regelkreise abgebildet und wirken als „Trigger“ (Auslöser, Antreiber) für Lieferanten. Lieferanten lassen sich als sogenannte negative Regelkreise modellieren. Das Prinzip der Steuerung bildet Steuerinformationen und Störgrößen aus der Umwelt ab, die dieses System veranlassen, sich nach der Zielvorgabe einzelner Entscheider oder bestimmter Ereignisse zu entwickeln. Essentiell dabei ist, ein schnelles „Feedback“ über den Status der Zielerfüllung zu erhalten, um schnell reagieren zu können. Hierfür müssen entsprechende Controlling-Instrumente angelegt werden (MERKEL 1995).

4.4.1 Annahmen über das Verhalten dezentraler Subsysteme

Eine Vielzahl der aufgezeigten Überlegungen kann auf das Verhalten von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen übertragen werden.

Viele Prozesse bestehen in der Realität ebenfalls aus Kombinationen der vorgestellten Subsysteme. Positive Regelkreise in der Prozeßkette stimulieren einerseits als Nachfrage die negativen Regelkreise, die Informationen oder Daten anbieten können. Die zielsuchenden, negativen Regelkreise versuchen andererseits, das Verhalten der positiven Regelkreise zu antizipieren, also die Nachfrage richtig einzuschätzen und nach einem vorgegebenen Lieferbereitschaftsgrad zu befriedigen.

Um Ursachen für Abweichungen des geplanten Systemverhaltens wie z.B. Verzögerungen zu analysieren, müssen die Arbeitsteilung und die daraus resultierende Kommunikation zwischen den *dezentralen* Subsystemen näher betrachtet werden. Aus der Sicht des Gesamtsystems bzw. Gesamtprozesses wird hier eine Ordnung angestrebt, die dem Gesamtsystem effektives (in bezug auf die Ziele) und effizientes (in bezug auf den Ressourceneinsatz) Verhalten ermöglicht. Die Optimierung des Gesamtprozesses muß stets Vorrang vor der Suboptimierung haben. Da komplexe Prozesse nicht als Ganzes optimiert werden können, wird in der Systemtheorie der Gedanke der sogenannten *Selbstähnlichkeit* angeführt. Dezentrale Systeme lassen sich als selbstähnliche Modelle des Gesamtsystems beschreiben (vgl. DAENZER & HUBER 1997).

Für *dezentrale*, *selbstähnliche* Subsysteme werden folgende drei Verhaltenseigenschaften und Fähigkeiten unterstellt (MERKEL 1995):

- Autonomie:
  Dezentrale Subsysteme sind autonom. Die Interaktion mit anderen Subsystemen basiert auf Regeln, welche die Subsysteme selbst untereinander definieren.

- Selbstorganisation:
  Dezentrale Subsysteme können ihre Organisation jederzeit ändern und Parameter wie z.B. Ziele selbständig anpassen. Bei komplexeren Systemen wird die Annahme eingeführt, daß die Subsysteme erst nach bestimmten Vereinbarungen dazu aktiv werden dürfen, wenn übergreifende Steuerinformationen von Entscheiderkreisen zu berücksichtigen sind.

- Bereichsoptimierung:
  Dezentrale Subsysteme verfügen über die Kompetenz, sich in ihrem Bereich selbst zu optimieren. Das Verhalten der Elementarsysteme ist meßbar.

Die Verhaltensgewohnheiten werden aus individueller (dezentraler) Sicht als ideal im Sinne von flexibel, anpassungsfähig, reaktionsschnell usw. angesehen. Angenommen, ein Entwicklungsprozeß besteht ausschließlich aus solchen dezentralen, flexiblen, anpassungsfähigen und reaktionsschnellen Elementarsystemen, stellt sich die Frage, wie sich der Gesamtprozeß unter Berücksichtigung von Verlusten und Verzögerungen an den Schnittstellen der einzelnen Elementarsysteme verhält.

Zur Beantwortung dieser Frage werden in der Systemtheorie sogenannte *Interaktionsmodelle* definiert, die sich durch die Qualität der Schnittstellenbeziehungen unterscheiden (KRALLMANN 1996). Diese Interaktionsmodelle dienen dem besseren Verständnis von Kommunikation und Arbeitsteiligkeit sowie Aktions- und Reaktionsmechanismen.

4.4.2 Interaktionsmodelle

In der Systemtheorie lassen sich folgende Interaktionsmodelle abgrenzen:

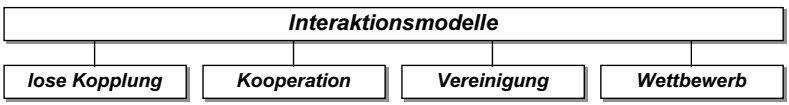


Bild 17: Interaktionsmodelle in der Systemtheorie (nach MERKEL 1995)

- Lose Kopplung

Bei loser Kopplung wird unterstellt, daß die miteinander agierenden und reagierenden dezentralen Systeme den Gesetzmäßigkeiten negativer Regelkreise folgen, d.h. die Subsysteme sind in der Regel zielsuchend, selbstorganisierend und autonom.

- Kooperation

Bei der Kooperation wird unterstellt, daß sich die beteiligten Systeme in bestimmten Bereichen abstimmen und auch an diese Vereinbarungen halten.

- Vereinigung

Bei der Vereinigung geben einzelne Subsysteme ihre Struktur auf und fusionieren mit anderen. Das so entstehende neue dezentrale System ist selbst wieder zielsuchend, selbstorganisierend und autonom. Die Motivation hinter der Vereinigung von Subsystemen ist die erhoffte Synergie durch Teambildung.

- Wettbewerb

Auch innerhalb von Unternehmensorganisationen existieren Wettbewerbssituationen. Regulative müssen bei gewolltem Wettbewerb dafür sorgen, daß keine negativen Wirkungen auftreten können.

Bewertung der Interaktionsmodelle:

Eine lose Kopplung ist für integrierte Entwicklungs- und Planungsprozesse in der Regel nicht geeignet, da im Zusammenwirken der elementaren Subsysteme Verzögerungen im Gesamtprozeß und die Verfolgung verschiedenartiger Ziele nicht vermieden werden können. Dezentrale Systeme müssen kooperieren, um effektiv und effizient agieren und reagieren zu können. Bei einer Vereinigung kann aufgrund der steigenden Komplexität die Effizienz leiden.

Diese Forderung hat auch einen qualitativen Aspekt. Eine perfekt funktionierende Abstimmung scheitert, wenn sie sich auf die falschen Informationsobjekte bezieht. Die Prinzipien und Methoden der Informationsbereitstellung und –beschaffung müssen gezielt erarbeitet werden. Entscheidende Erfolgsfaktoren für komplexe Entwicklungsprozesse sind also eine frühzeitige Abstimmung der Prozeßbeteiligten und die Möglichkeit, sich jederzeit über den Prozeßfortschritt bei den anderen beteiligten Prozeßpartnern informieren zu können.

Eine Kooperation führt zu einer systematischen Koordination in durchdachten Einzelangelegenheiten und zu einem planmäßigen *networking* der beteiligten Subsysteme (MERKEL 1995). Voraussetzung ist die Kenntnis der Einzelprozesse und der gegenseitigen Abhängigkeiten. Um dieses networking durch Bereitstellung aller relevanten Informationen zu ermöglichen, müssen die beteiligten Subsysteme auf den Grundsatz verzichten, daß diese Informationen nur innerhalb ihrer „Hoheitsbereiche“ und zum anderen nur hierarchisch verteilt werden dürfen. Einer intelligenten Planung und Steuerung (bzw. Regelung) der Prozesse mit dem Aufbau einer für alle Projektbeteiligten dezentral zugänglichen Planungsbasis mit aktuellen Zwischenzuständen und Entwicklungsergebnissen kommt daher eine entscheidende Bedeutung zu.

4.5 Prozeßmanagement aus Sicht der Agententheorie

Einordnung:

Da es sich bei Entwicklungsprozessen um gering deterministische Prozesse handelt (s. Kapitel 4.2), deren Prognosefähigkeit begrenzt ist, sollen im Zusammenhang dieser Arbeit auch Planungs- und Steuerungsansätze aus der KI-Forschung („Künstliche Intelligenz“) berücksichtigt werden, die sich insbesondere mit der Beherrschung hoch dynamischer, nicht linearer Systeme befassen (MÜLLER 1993).

Die Ansätze der KI-Forschung lassen sich in mehrere Hauptgegenstände untergliedern, von denen die für diese Arbeit relevante *Agententheorie* im folgenden aufgegriffen werden soll. Weitere Ansätze der KI-Forschung wie die Theorie der *neuronalen Netze* (REHKUGLER & PODDIG 1992) sowie die *Expertensysteme* (WARNECKE 1991) werden hier aufgrund geringerer Relevanz nicht weiter behandelt.

Inhalt:

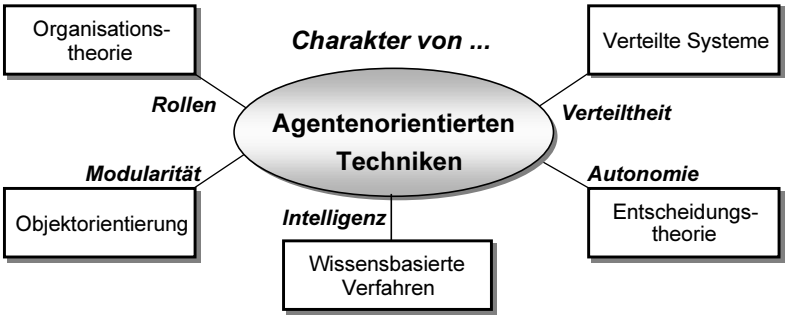


Bild 18: Interdisziplinärer Charakter agentenorientierter Techniken (KÜHNLE ET AL. 1996)

Agenten (oder: Akteure) spielen eine zentrale Rolle in Methoden für sogenanntes „Verteiltes Problemlösen“ („distributed problem solving“), die der gewünschten Dezentralität der Planung gerecht werden können. „Der Einsatz agentenorientierter Techniken beschränkt sich dabei nicht nur auf die Gestaltung leistungsstarker, intelligenter Systeme, sondern behandelt [...] auch die Koordination des Lösungsprozesses“ (KÜHNLE ET AL. 1996) (s. Bild 18).

Allgemein unterscheidet man drei Ausprägungen von Agenten, welche sich in ihrer Problemlösungsfähigkeit unterscheiden (MÜLLER 1993):

- informationstechnische Agentenauffassung:

Der Agent ist eine Einheit in einem automatischen Informationsverarbeitungssystem, die zur selbständigen „autonomen“ Ausführung von informationsverarbeitenden Prozessen fähig ist. In der Regel wird die Selbständigkeit nur auf der Software-Ebene vorausgesetzt. Agenten stehen mit ihrer informationstechnischen Umwelt in einer charakteristischen Vielfalt von Kommunikationsbeziehungen: Sie tauschen direkt („message passing“) oder indirekt („blackboard“) mit anderen Agenten Nachrichten aus, um dadurch ihre internen, informationsverarbeitenden Operationen aufeinander abzustimmen.

- domänenorientierte Agentenauffassung:

Die Agenten stellen teilautonome Einheiten in einem automatischen Informationsverarbeitungssystem dar, die bei der Erfüllung einer gemeinsamen Aufgabe zusammenwirken und dabei sachlich definierte Teilaufgaben bearbeiten (sogenannte „Multi-Agenten-Systeme“).

- intelligenzbezogene Agentenauffassung:

Diese Agentenauffassung fokussiert sich auf den Ursprung der Agententheorie in der KI-Forschung. Zusätzlich zur informationstechnischen und domänenorientierten Agentenauffassung wird gefordert, daß ein Agent nicht nur eine teilautonome und teilaufgabenspezialisierte Informationsverarbeitungseinheit darstellt, sondern auch über ein „gewisses Maß“ an Eigenintelligenz verfügt. Agenten besitzen zum einen eigene Zielvorstellungen, Absichten oder Interessen, die sie eigenständig verfolgen. Zum anderen sind sich diese Agenten der Teilaufgaben „bewußt“, die von jeweils anderen Agenten desselben Systems übernommen werden können. Aufgrund dieses „Umweltbewußtseins“ vermag ein Agent zielgerichtet Nachrichten an andere zu versenden, um an sie eine Teilaufgabe zu delegieren, die er selbst nicht erfüllen kann (ZELEWSKI 1993).

Ein Multi-Agenten-System (Einsatz mehrerer Agenten) ermöglicht verteiltes Planen und Koordinieren zur optimalen Abstimmung dezentralisierter Aktivitäten. Von Martial beschreibt die Planung durch Multi-Agenten-Systeme sinngemäß wie folgt (MARTIAL 1993):

„Multi-Agenten-Planen (MAP) ist der Prozeß einer Plangenerierung, an dem mehrere Agenten beteiligt sind. Dieser dezentrale Planungsansatz zur Kooperation und Kommunikation versucht, für einen überschaubaren Zeitraum die

zukünftigen Aktionen und Interaktionen möglichst genau und optimal angeordnet festzulegen“.

Der Vorteil des verteilten Planens liegt darin, daß die an der Planung beteiligten Agenten über ausreichend Erfahrung und Wissen bzgl. ihrer Aufgaben und Fähigkeiten verfügen und somit eine realistische Planung ermöglichen. Darüber hinaus wäre es für eine zentrale Instanz viel zu aufwendig oder gar nicht realisierbar, das verteilte Wissen zu sammeln und zu pflegen.

Bewertung:

„Die Bedeutung kooperativer Wissensverarbeitungssysteme wird in Zukunft weiter zunehmen, da die fortschreitende Dynamik der unternehmerischen Umwelt keine dauerhafte Festlegung von Arbeitsprozessen mehr zuläßt. Schwach oder gar nicht strukturierte Arbeitsprozesse werden deshalb immer mehr den unternehmerischen Alltag bestimmen“ (KRALLMANN & BOEKHOFF 1996).

Dieses Zitat bestätigt, daß eine kooperative Wissensverarbeitung, wie sie die Agententheorie darstellt, in Zukunft zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Auch das vorliegende Anwendungsfeld, die adaptive Planung und Steuerung integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse, kann sie prinzipiell adäquat unterstützen. Die Praxis zeigt aber auch, daß derzeit noch keine kommerziellen Systeme für die integrierte Produktentwicklung und Produktionsplanung verfügbar sind, die nach dem Agentenprinzip arbeiten. Auch Erfahrungen aus der Produktionsplanung und –steuerung bestätigen, daß Softwareagenten noch nicht ausreichend in der Lage sind, eigenständig zufriedenstellende Lösungen bei verteilten Problemlösungsprozessen zu generieren (ANSORGE & KOLLER 1996). Der Ansatz der Agententheorie wird aber dennoch bei der Konzeption des Lösungsansatzes dieser Arbeit im Rahmen der Steuerung aufgegriffen (vgl. Kap. 6.3.1).

4.6 Methoden zum Management von Entwicklungs- und Planungsprozessen

Im folgenden Kapitel werden existierende Ansätze aus Forschung und Praxis vorgestellt, die als organisatorische Rahmenbedingung für die Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen zu sehen sind oder sich direkt mit der Planung und Steuerung von Entwicklungsprojekten auseinandersetzen.

4.6.1 Klassische Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik

Einordnung:

Die klassische Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik stellt eine der bekanntesten und am weitesten verbreiteten Vorgehensweisen zur Durchführung von Entwicklungsaufgaben dar.

Inhalt:

Die Begriffe *Entwicklung* und *Konstruktion* werden häufig als Synonym gebraucht (vgl. WIENDAHL 1993). In der Praxis besteht aber eine Tendenz zur Unterscheidung dieser Begriffe. „Entwicklung“ umfaßt in der Regel neben der eigentlichen Konstruktion auch das Versuchswesen, den Musterbau, die Berechnung sowie die Stabsfunktionen Normung, Zeichnungswesen, Patentwesen oder Vorentwicklung. Als Entwicklungstätigkeit wird demnach die Tätigkeit bezeichnet, bei der ausgehend von der Aufgabenstellung bzw. Produktdefinition die geometrisch stofflichen Merkmale eines technischen Produkts mit allen seinen lebenslaufbezogenen Eigenschaften festgelegt werden (vgl. PAHL & BEITZ 1993).

In der Entwicklung wird auf der Grundlage einer Aufgabenstellung in einem iterativen, d.h. schrittweisen und sich zum Teil wiederholenden Vorgehen, die Dokumentation eines neuen Produktes erarbeitet. Dabei kann man laufend durchgeführte Grundtätigkeiten wie z.B. Anforderungen analysieren, Lösungen suchen und gestalten, von begleitenden Tätigkeiten unterscheiden. Obwohl diese Tätigkeiten im Konstruktionsprozeß laufend vorkommen, konzentrieren sie sich in bestimmten Schwerpunkten, den sogenannten Konstruktionsphasen (VDI-RICHTLINIE 2221):

- Aufgabe klären
- Konzipieren
- Entwerfen und
- Ausarbeiten

Der Vorgehensplan beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI 2221 („Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“) besteht aus einer Folge von Arbeitsschritten, die zu entsprechenden Arbeitsergebnissen führen. Mehrere Arbeitsschritte können zu Konstruktionsphasen (s.o.) zusammengefaßt werden. In den einzelnen Phasen werden jeweils mehrere Lösungsvarianten generiert, ggf. in Mustern bzw. Prototypen erprobt und anschließend bewertet.

Vorgehenspläne sind grundsätzlich als Anleitung zu verstehen, nicht als starre Vorschrift. Die sequentielle Struktur der Vorgehenspläne ist sinnvoll, jedoch können Arbeitsschritte auch übersprungen oder in anderer Reihenfolge bearbeitet werden. Oft werden auch Arbeitsabschnitte, die eine Folge bestimmter Arbeitsschritte darstellen, iterativ durchgeführt, wobei eine möglichst geringe Anzahl von Iterationsschleifen angestrebt wird.

Bewertung:

Die klassische Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik ist eine wichtige Grundlage für die vorliegende Arbeit. Sie stellt mit ihren groben Phasen aber vor allen Dingen ein abstraktes Vorgehensmodell dar, das auf den konkreten Anwendungsfall angepaßt werden muß. Sie ist generell eher auf eine sequentielle Arbeitsweise ausgerichtet und unterstützt das geforderte parallele Arbeiten in einer integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung mit den daraus resultierenden Folgen (Abstimmungsprozesse, Arbeiten mit unreifen Daten, geringer Determinierungsgrad, ...) nur unzureichend. Die klassische Konstruktionsmethodik berücksichtigt vom Ansatz auch nicht eine prozeßbegleitende Informationslogistik sowie die prozeßbegleitenden Einsatzmöglichkeiten innovativer CA-Technologien.

Die Konstruktionsmethodik unterstützt somit nur unzureichend das adaptive Geschäftsprozeßmanagement im Sinne dieser Arbeit.

4.6.2 Organisatorische Integrationsansätze

Einordnung:

Zur Reduktion der funktionalen Arbeitsteiligkeit zielen neuere Organisationskonzepte wie beispielsweise Simultaneous oder Concurrent Engineering auf eine Integration der an der Produktentwicklung und Produktionsplanung beteiligten Unternehmensfunktionen ab (EVERSHEIM ET AL. 1995, BULLINGER 1996B, EHRLENSPIEL 1995, REINHART 1998).

Problemfelder, die bei arbeitsteiligen, tayloristischen Organisationsstrukturen vor allem zu beklagen sind, lassen sich folgenden Kategorien zuordnen (EVERSHEIM ET AL. 1995):

- Ungeregelte Kompetenz- und Aufgabenverteilung
- Mangelnder Informationsfluß und unzureichende Zusammenarbeit
- Mangelnde Einbeziehung der Lieferanten
- Fehlende Planungsgrundlagen und Planungsmethoden

4.6.2.1 Simultaneous Engineering

Inhalt:

Das Simultaneous Engineering entstand Ende der Achtziger Jahre als Reaktion der europäischen Produktionsunternehmen auf die Wettbewerbssituation in der Automobilindustrie in USA und Japan. Damals wurde erkannt, daß die durchschnittlichen Entwicklungszeiten für neue Produkte in diesen Ländern deutlich unter denen in Europa lagen (DERNBACH 1990). Der Schlüssel zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit wurde vor allem in einer gesteigerten Effektivität und Effizienz im Produktentstehungsprozeß gesehen (WIEDEMAYER 1992).

Branchenunabhängig wird unter dem Begriff des „Simultaneous Engineering“ (SE) die „integrierte und zeitlich parallele Produkt- und Prozeßgestaltung verstanden. [...] Die Grundidee des Simultaneous Engineering ist, daß vormals streng sequentiell durchgeführte Abläufe zeitlich parallel bzw. überlappt durchgeführt werden. Dies erfordert teamorientierte und bereichsübergreifende Arbeitsweisen, die durch einen intensiven Austausch von Informationen gekennzeichnet sind. Durch die Zusammenarbeit bereits in der Konzeptphase der Produktentstehung erfolgt der frühzeitige Abgleich von Marktzielen und Lösungs-

konzepten im Hinblick auf Produkt und Produktionsmittel“ (EVERSHEIM ET AL. 1993).

Eine wichtige Erkenntnis des SE-Ansatzes ist, daß über 50% der Probleme in Produktentwicklungen auf Verhaltens- und nicht auf Sachprobleme zurückzuführen sind (REICHWALD & SCHMELZER 1990). Die Ziele von SE-Projekten liegen dabei vor allen Dingen in (EVERSHEIM ET AL. 1995)

- einer Verkürzung der Entwicklungsdauer,
- reduzierten Fertigungskosten,
- einer erhöhten Qualität sowie einer
- Optimierung der Kundenzufriedenheit.

Lösungsansätze zur Realisierung des SE sind (nach EVERSHEIM ET AL. 1995)

- der Einsatz von Projektmanagement,
- der Einsatz eines SE-Teams,
- der zeitliche Abgleich der Informationsflüsse,
- eine firmenübergreifende Zusammenarbeit.

Bewertung:

Simultaneous Engineering ist weniger als Planung- und Steuerungsmethodik von integrierten Entwicklungprozessen zu verstehen, sondern vielmehr als eine Integrations-Philosophie in Entwicklungsorganisationen allgemein, die auf technische, organisatorische und soziale Komponenten setzt.

Die Parallelisierung der Prozesse geschieht vor allem durch eine organisatorische Integration der am Prozeß beteiligten Entwicklungsdisziplinen in SE-Teams. Die Synchronisierung wird dennoch über zentrale Entwicklungsphasen und Meilensteine realisiert, so daß es trotz der starken Parallelität zu unnötigen Wartezeiten und Verlustleistung kommen kann.

Bei der Entstehung des SE-Gedankens spielten DMU-Strategien allerdings noch keine Rolle. Dieser Aspekt muß noch stärker in das Geschäftsprozeßmanagement integriert werden.

Der hier entwickelte Lösungsansatz baut voll auf der Grundidee des Simultaneous Engineering auf, erweitert aber ihn aber methodisch um eine adaptive Prozeß- und Informationsflußgestaltung sowie um DMU-spezifische Komponenten.

4.6.2.2 Concurrent Engineering

Inhalt:

Diesem Forschungsansatz (BULLINGER 1996B), der in Erweiterung des Simultaneous Engineering vor allem in Richtung einer softwaretechnischen Unterstützung von Entwicklungsprozessen abzielt, liegt der Gedanke zugrunde, daß sich Entwicklungsvorhaben, oder zumindest Ausschnitte davon, als deterministische Geschäftsprozesse abbilden und über Informationssysteme rechnergestützt nach einem vordefinierten Schema abarbeiten lassen.

In den Bereichen Organisation, Prozeß (Entwicklungsprozeß), Produkt und Ressourcen (Entwicklungsressourcen) verfolgt Concurrent Engineering die Strategien Parallelisierung, Standardisierung und Integration (PSI-Strategie):

- Parallelisierung der Prozesse ermöglicht durch parallelen Datenzugriff der Prozeßbeteiligten
- Standardisierung der Prozesse als Voraussetzung für eine Standardisierung der Produkte
- Integration der Mitarbeiter, Applikationen und Daten

Bewertung:

Die Integration von Produkt- und Prozeßplanung wird im Concurrent Engineering explizit berücksichtigt. Eine Bewertung von Prozeßeffizienz und Prozeßeffektivität ist allerdings nicht vorgesehen. Die Abbildung von Entwicklungsprozessen über starre Workflows wird der hohen Dynamik und geringen Determinierbarkeit von integrierten Entwicklungsprozessen nicht ausreichend gerecht.

4.6.2.3 Integrierte Produktentwicklung

Inhalt:

Unter der sogenannten „Integrierten Produktentwicklung“ wird nach EHRLENSPIEL (1995) eine „interdisziplinäre Zusammenarbeit aller an der Produktentwicklung beteiligten Organisationseinheiten verstanden, die durch ein entsprechendes Werkzeug- und Methodensystem unterstützt wird“. Sie baut auf dem Ansatz des Simultaneous Engineering auf und kann im Produktentstehungsprozeß von der Aufgabenklärung bis zum Abschluß des Entwicklungspro-

zesses eingesetzt werden. Desweiteren integriert sie Anforderungen und Informationsrückflüsse aus den der Entwicklung nachgelagerten Bereichen. Der Ansatz beschreibt so das Zusammenwirken der Teilsysteme Strategien und Methoden, Werkzeuge, Vorgehenszyklus, Projektmanagement, Prozeß, Kostenmanagement und nicht zuletzt Mensch und Organisation für eine optimale Problemlösung in der Produktentwicklung (LINDEMANN & KLEEDÖRFER 1997).

Für eine methodische Bearbeitung von Entwicklungsaufgaben schlägt EHRLENSPIEL (1995) den sogenannten „Vorgehenszyklus“ vor. Der erste Schritt hierzu ist die Aufgabenklärung bestehend aus Analyse, Strukturierung und Formulierung der Aufgabe. Erst danach sollen im nächsten Arbeitsschritt alternative Lösungen gesucht und dargestellt werden. Im letzten Schritt werden dann die Lösungen analysiert und bewertet. Den Abschluß des Arbeitsabschnittes bildet die Entscheidung für eine Lösung.

Der Ansatz wird ergänzt um Aspekte der Teamorganisation und des Werkzeugeinsatzes für die Integrierte Produktentwicklung (LINDEMANN & KLEEDÖRFER 1997):

Eine wesentliche Erkenntnis dabei ist, daß bei größeren Produktentwicklungen durch komponenten- und baugruppenbezogene Aufspaltungen des Entwicklungsprozesses zusätzliche Schnittstellen zwischen der Konstruktion und weiteren Organisationseinheiten innerhalb und außerhalb des Unternehmens entstehen, die durch ein geeignetes Schnittstellenmanagement geregelt werden müssen, so daß sie nicht zu Lasten der Effizienz und Effektivität des Gesamtprozesses gehen.

Der Einsatz von Werkzeugen im Rahmen der Integrierten Produktentwicklung konzentriert sich auf die Unterstützung der frühen Entwicklungsphasen, das Wissens- und Informationsmanagement sowie auf die Unterstützung der Geschäftsprozeßplanung. Dazu wurde eine Methode zur dezentralen Planung von Entwicklungsprojekten entworfen, in der u.a. die starre Logik der Abhängigkeiten zwischen Teilprozessen, wie sie etwa in der Netzplantechnik Verwendung findet, durch eine flexible, informationsflußorientierte Vernetzung ersetzt. Die Basis der Methode der dezentralen Geschäftsprozeßplanung stellt ein Meilensteinmanagement dar. Die Prozeßregelung erfolgt für das gesamte Projekt an den Meilensteinen, indem zu diesen Zeitpunkten ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt wird (LINDEMANN & KLEEDÖRFER 1997).

Bewertung:

Die Intgrierte Produktentwicklung nach Ehrlenspiel und Lindemann stellt einen sehr umfassenden organisatorischen und methodischen Ansatz zur Abwicklung auch komplexer Entwicklungsvorhaben dar. Insbesondere durch den Ansatz der dezentralen Projektplanung werden die Voraussetzungen geschaffen, um flexibel auf ein dynamsiches Umfeld reagieren zu können (vgl. Kapitel 1). Die Vernetzung der Aktivitäten über die Informationsflüsse unterstützt die situative Anpassung des Prozesses an geänderte Randbedingungen.

Die Integrierte Produktentwicklung geht zwar von einer Einbeziehung aller am Produktentstehungsprozeß beteiligten Organisationseinheiten aus, die speziellen Anforderungen einer integrierten Arbeitsweise von Produktentwicklung und Produktionsplanung werden aber nicht explizit betrachtet. Auch bei der Gestaltung des CA-Einsatzes im Sinne einer DMU-Strategie werden vor allem Methoden und Werkzeuge betrachtet, die den Konstrukteur, aber nicht den Produktionsplaner unterstützen (vgl. EHRLENSPIEL ET AL. 1995).

4.6.2.4 Integrierte Konstruktion und Montageplanung

Inhalt:

Während die Aspekte des Simultaneous Engineering durch Veränderungen der Aufbauorganisation zum Teil bereits Einzug in den industriellen Alltag gehalten haben, bietet die ablauforganisatorische Abstimmung der in den einzelnen Teilbereichen anfallenden Teilaufgaben ein weiteres Optimierungspotential. Reinhart und Lindemann verfolgen mit ihren Arbeiten insbesondere eine bessere Abstimmung von Konstruktion und Montageplanung (REINHART ET AL. 1997B).

Dazu wurde ein allgemeines Vorgehensmodell entwickelt, über das die Tätigkeiten der Konstruktion mit den Aufgaben der Montageplanung verzahnt werden (s. Bild 19).

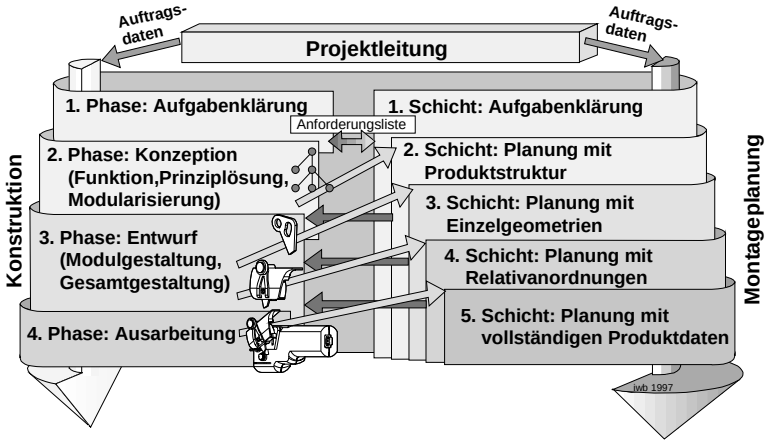


Bild 19: Verzahnung von Konstruktion und Montageplanung (nach FELDMANN 1997)

Der Ablauf der Konstruktion lehnt sich dabei an den Vorgehensplan der VDI 2221 (s. Kap. 4.6.1) an, wobei in eine „Aufgabenklärungs-“, eine „Entwurfs-“, eine „Konzept-“ und eine „Detaillierungsphase“ gegliedert wird. Für eine möglichst starke Parallelisierung von Konstruktion und Montageplanung werden fünf Schichten formuliert (s. Bild 19), in denen jeweils die auf definierten Konstruktionsergebnissen aufsetzenden Montageplanungsaufgaben zusammengefaßt werden (FELDMANN 1997):

- Schicht 1 beinhaltet die Aufgabenklärung für die Montage, die in Abtimmung mit der Konstruktion abgewickelt wird.
- Schicht 2 repräsentiert die Montageplanungsaufgaben, die bereits nach der Festlegung der Produktstruktur durchgeführt werden können.
- In Schicht 3 werden die Planungen zusammengefaßt, für die eine Einzelgeometrie der Produktkomponenten erforderlich ist.
- Die 4. Schicht benötigt als Eingangsinformation die Relativanordnungen der zu montierenden Produktkomponenten.
- Schicht 5 enthält die Planungsaktivitäten, die erst bei Vorliegen der vollständigen Produktdaten durchführbar sind.

Bewertung:

Das vorgestellte Vorgehensmodell ermöglicht eine optimierte Abstimmung zwischen Konstruktion und Montageplanung, was sich in einer Verkürzung der Entwicklungsdauer und einer Verbesserung der Planungsergebnisse niederschlagen soll. Im Gegensatz zu vielen anderen Methodiken betrachtet dieser Lösungsansatz integriert das Produkt, den Montageprozeß und die Montageanlage, deren gegenseitige Abhängigkeiten über ein entsprechendes Datenmodell abgebildet werden. Der Einsatzbereich dieser Methode ist auf den Anwendungsfall der integrierten Konstruktion und Montageplanung ausgelegt, eine Ausweitung auf andere Entwicklungsfunktionen ist aber vorstellbar.

Ein adaptives und durchgängiges Prozeßmanagement im Sinne dieser Arbeit wird bei dieser Methode erst seit kürzerer Zeit verfolgt, indem einzelne Tätigkeiten der Konstruktion sowie der Montageplanung in sogenannten „Prozeßbausteinen“ integriert werden, die eine völlige Auflösung der historisch gewachsenen, gedanklichen Trennung zwischen diesen beiden Disziplinen zum Ziel haben (BICHLMAIER & GRUNWALD 1998).

4.6.3 Projektmanagementorientierte Ansätze für die Entwicklung und Planung

Einordnung:

Den im folgenden dargestellten Ansätzen ist gemeinsam, daß sie alle auf Grundlagen des Projektmanagements (vgl. 4.3.1) zurückgreifen und diese um problemspezifische Vorgehensweisen und Methoden erweitern.

4.6.3.1 Projektmanagement mit Reifegradindikatoren

Inhalt:

FISCHER & WEBER (1996) beschreiben eine Methodik zum Management von Entwicklungsprojekten, sowohl für Einzel- als auch für eine Multi-Projektbetrachtung.

Folgende Vorgehensweise wird empfohlen:

- Definieren von projektspezifischen und phasenbezogenen Indikatoren

- Hochrechnen einzelner Indikatoren und Verknüpfen ausgewählter Indikatoren zu einem Zielerwartungswert für Gesamtprojektaussagen (Projektindikatoren für Reifegradanalysen und Trendaussagen)
- Transparentes Darstellen von Abweichungen für das Ableiten von Gegensteuerungsmaßnahmen

PFEIFER ET AL. (1996) beschreiben ein Verfahren, durch Abfrage und Bewertung definierter Indikatoren den Reifegrad der Projektplanerfüllung zu jedem Zeitpunkt zu ermitteln und zu überwachen.

Allgemeine Ziele der Verwendung dieser Reifegradsystematik sind:

- Transparenz des Entwicklungsstandes,
- frühzeitige Identifikation von Zielabweichungen und Risiken,
- Trendverlauf und Prognosewerte,
- Basisdaten für operative und strategische Entscheidungen als Steuerungsmaßnahme für die Zielerreichung.

Zur Gestaltung des Projektreifegrades (s. Bild 20):

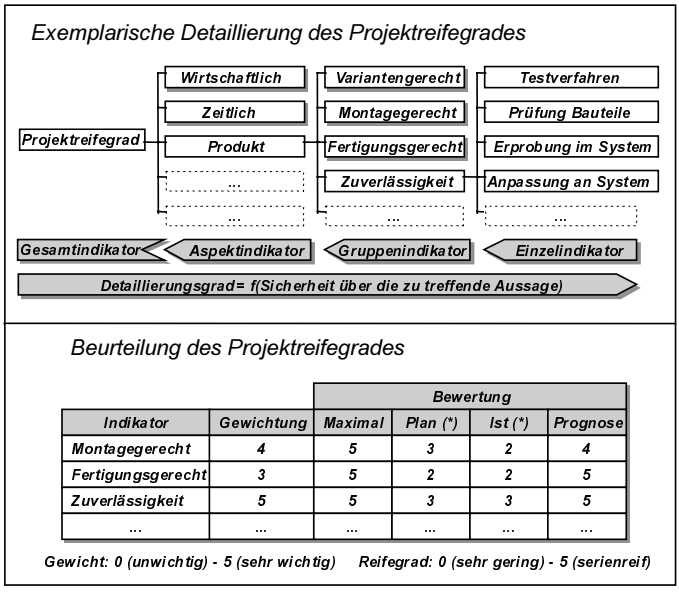


Bild 20: Detaillierung, Beurteilung des Projektreifegrades (PFEIFER ET AL. 1996)

Bei komplexen Projekten wird der Projektreifegrad in Unterindikatoren gegliedert. Die Detaillierungstiefe ist dabei so zu wählen, daß auf der untersten Ebene zahlenmäßig bewertbare Indikatoren stehen.

Gruppen- und Gesamtindikatoren ergeben sich aus Aggregation der Einzelindikatoren. Gewichtungsfaktoren können dabei differenzierende Einflüsse einzelner Faktoren auf den aggregierten Indikator wieder ausgleichen (Bild 20).

Die Planung des Projektes legt für jeden Zeitpunkt einen Planwert des Reifegrades fest, der während der Laufzeit den Ist-Werten gegenübergestellt wird. Dadurch kann der Fortschritt des Projektes transparent gemacht werden.

Bewertung:

Die beschriebene Methodik nach FISCHER & WEBER (1996) berücksichtigt eine umfassende algorithmisierte Terminüberwachung, Konzeptplanung, Kostenplanung, ein Ressourcencontrolling, etc. Die Autoren sind der Überzeugung, bei konsequenter Anwendung der Kennzahlenüberwachung eine negative Prozeßentwicklung verhindern zu können. Eine integrierte Betrachtung von Prozeßeffizienz und Prozeßergebnis ist nicht Bestandteil des Konzepts.

Die Reifegradbeschreibung nach PFEIFER ET AL. (1996) kann bei entsprechender Visualisierung dazu beitragen, den aktuellen Projektstand zu erfassen und zu vermitteln. Entscheidend ist die Wahl geeigneter problemspezifischer Indikatoren. Es ist allerdings fraglich, inwieweit sich Projektreifegrade als numerische Werte quantifizieren lassen und ob diese stark verdichteten Kennzahlen ein objektives Bild des aktuellen Entwicklungsfortschritts wiedergeben können. Die Grundsystematik der Reifegradindikatoren definiert aber einen wichtigen Lösungsaspekt für ein adaptives Prozeßmanagement und wird deshalb in dieser Arbeit konzeptionell aufgegriffen.

Die Integration von Prozeßmanagement und Informationslogistik sowie die Planung des zugeordneten CA-Einsatzes ist in beiden Ansätzen nicht vorgesehen.

4.6.3.2 Projektmanagement in der Integrierten Produktentwicklung

Inhalt:

STUFFER (1996) befaßt sich mit der Entwicklung einer Managementmethodik zur Planung und Steuerung des arbeitsteiligen Entwicklungsprozesses in Ergänzung der klassischen Konstruktionsmethodik (s. Kapitel 4.6.1). Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt dabei neben der Vorgehenssystematik auf der Organisationsentwicklung sowie einer EDV-Unterstützung der Planungs- und Steuerungsaufgaben. Den konzeptionellen Rahmen bildet eine objekt- und ergebnisorientierte Konstruktionsmethodik, die um eine ressourcenorientierte Blickrichtung erweitert wird. Es wird unterschieden zwischen einer phasenorientierten Planung, die einer regelmäßigen, projektweiten Synchronisation der Aktivitäten und Ergebnisse dient, sowie einer ergebnisorientierten Planung. Die Projektsteuerung erfolgt anhand der Bewertung eines Aufgabenerfüllungsgrades sowie der Ergebnissicherheit. Bei der Planung und Steuerung wird ein dezentraler Ansatz verfolgt, um ein zentrales „Overengineering“ zu vermeiden.

SCHMALZL (1996) konzentriert sich in seinen Arbeiten auf die Konzeption und Entwicklung eines Projektleitsystems für den Integrierten Produkterstellungsprozeß, wobei der Anwendungsschwerpunkt auf der Integration von Konstruktion und Montageplanung liegt (s. Kap. 4.6.2.3 Integrierte Konstruktion und Montageplanung).

Bewertung:

In der Arbeit von STUFFER (1994) wird ein umfassendes Planungs- und Steuerungskonzpt für integrierte Entwicklungsprozesse hergeleitet, das auch auf arbeits- und organisationspsychologische Aspekte eingeht.

Während STUFFER & KLEEDÖRFER (1997) nur auf die Notwendigkeit struktureller Veränderungen im Projektmanagement hinweisen, zeigt SCHMALZL (1996) einen möglichen Lösungsansatz zur Integration des Informationsflusses in die Ablaufplanung durch eine Erweiterung der herkömmlichen Netzplantechnik auf.

Die Integration von Produktentwicklung und Produktionsplanung mit der rechnergestützten Modellierung und Absicherung der zugehörigen Entwicklungsobjekte im Sinne einer DMU-Strategie wird in diesen Arbeiten nicht als Schwerpunkt betrachtet. Ebenso wenig steht bei Stuffer und Schmalzl die adaptive Anpassung des Prozesses an dynamische Randbedingungen im Vordergrund.

4.6.4 Prozeßmanagementorientierte Ansätze für die Entwicklung und Planung

Einordnung:

Die nachfolgend dargestellten Ansätze verfolgen im Gegensatz zu den projektorientierten Ansätzen noch stärker das Ziel, die Effizienz der Entwicklungsprozesse durch eine konsequente Prozeßorientierung zu steigern. Der Anwendungsschwerpunkt reicht dabei von der einmaligen Optimierung bis zum kontinuierlichen Verbesserungsprozeß.

Inhalt:

Charakteristisch für einen Entwicklungsablauf sind zahlreiche Änderungsschleifen (REICHWALD & CONRAT 1995, HILLER 1997). Mängel werden meist erst zu einem späteren Zeitpunkt entdeckt, wenn eine Prüfung durch den Vergleich von spezifizierten Anforderungen mit den vorliegenden Ergebnissen erfolgen kann (GOEBEL 1996).

Ausgehend von dem Ansatz, daß die Erfüllung der Qualitätsanforderungen in jedem einzelnen Teilprozeß die Voraussetzung für einen reibungslosen Ablauf des gesamten Entwicklungsprozesses ist, wird beispielsweise in der Methode nach GOEBEL (1996) die Qualität planender Prozesse unter zusätzlicher Berücksichtigung der Zielgrößen Zeit und Kosten optimiert. Zwar wird der Aspekt der Qualität in der Produktentwicklung durch die Methoden des präventiven Qualitätsmanagements (z.B. FMEA, QFD, FTA, DoE) berücksichtigt, jedoch zielen diese Methoden auf Produkte und Fertigungsprozesse ab und betrachten die Qualität der planenden Prozesse nur indirekt (MASING 1994, PFEIFFER 1993, REINHART ET AL. 1996). Dabei ist neben der Bewertung prozeßgebundener Zeiten und Kosten die Qualität planender Prozesse von besonders hoher Bedeutung, da ca. 80% der Produktfehler auf Fehlern in der Entwicklungs- und Planungsphase beruhen (TÖNSHOFF ET AL. 1995). Die Effekte der beschriebenen Methode zur Bewertung der Qualität von Entwicklungsprozessen können mit Methoden zur Kosten- und Zeitbewertung kombiniert werden. Dadurch ist eine Berücksichtigung der Wechselwirkungen von Zielgrößen möglich (HANEWINCKEL 1994).

GOLDSTEIN (1999) befaßt sich mit der „Modellgestützten Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung“. Im Mittelpunkt steht dabei die Entwicklung eines neunstufigen Vorgehensmodells zur systematischen Optimierung und

kontinuierlichen Weiterverbesserung von Entwicklungsprozessen, das sich an dem allgemeinen Problemlösungszyklus aus dem „Systems Engineering“ anlehnt (vgl. DAENZER & HUBER 1994). Die einzelnen Schritte des Vorgehensmodells sind eine *Prozeßzieldefinition*, *Prozeßidentifikation* und *-abgrenzung*, *Prozeßerfassung*, *Prozeßabbildung*, *Prozeßanalyse* und *-bewertung*, *Prozeßgestaltung*, *Entwicklung einer Migrationstrategie*, sowie die anschließende *Prozeßumsetzung* und *–steuerung*.

KAMPHAUSEN (1999) setzt sich mit „Prozeßmanagement in der Produktentwicklung“ vor allem unter dem Blickwinkel des „Total Quality Management“ (TQM, vgl. CLAUSING 1994) auseinander. Als Lösungsbausteine werden ein Prozeßmodell, ein Vorgehensmodell sowie eine Bewertungssystematik entwickelt.

Bewertung

Die Verfahren nach GOEBEL (1996) und HANEWINCKEL (1994) eignen sich gut für eine kosten- und qualitätsorientierte Bewertung von Entwicklungsprozessen. Die Qualität der Entwicklungsergebnisse selbst und die Planung des CA-Einsatzes und einer prozeßorientierten Informationslogistik werden dabei aber nicht berücksichtigt.

Das von GOLDSTEIN (1999) entwickelte Vorgehensmodell zielt verstärkt auf eine einmalige Optimierung von Entwicklungsprozessen im Sinne eines Reengineering, aber nicht auf die operative Planung und Steuerung ab. Die Integration von Entwicklungs- und Planungsprozessen sowie die Berücksichtigung des CA-Einsatzes sind nicht Bestandteil des Konzepts. Die Zieldefinitions- und Bewertungskomponente betrachten vor allem die Effizienz des Entwicklungsprozesses an sich, nicht aber die Qualität der Entwicklungsergebnisse.

Das Prozeßmanagement nach KAMPHAUSEN (1999) stellt einen umfassenden Planungs- und Steuerungsansatz für Entwicklungsprozesse dar, in dem neben TQM-Gestaltungsansätzen auch auf Prinzipien „überlebensfähiger Systeme aus der Natur“, wie „Prinzip der Mutuation und Selektion“, „Prinzip der geringsten Energie“ oder „Prinzip der Symbiose“ zurückgegriffen wird. Die Bewertungssystematik dieser Arbeit nimmt sowohl auf die Prozeßeffizienz als auch –effektivität Rücksicht. Darüber hinaus werden in dieser Methodik aber das Potential wie auch die Integration rechnergestützter Entwicklungs- und Planungswerkzeuge nicht betrachtet.

4.7 Konkretisierung des Handlungsbedarfes

4.7.1 Zusammenfassung der vorgestellten Ansätze

Abbildung 21 zeigt alle bisher vorgestellten Konzepte in einer zusammenfassenden Bewertungsmatrix nach den in 4.2 definierten Kriterien:

● = erfüllt
◐ = bedingt erfüllt
○ = nicht erfüllt

	Untersuchte Ansätze																		
	Allgemeine								Entwicklungsspezifische										
Bewertungskriterien:	Projektmanagement	Geschäftsprozeß-management	Prozeßbenchmarking	Prozeßauditierung	Prozeßkennzahlen	Prozeßkostenrechnung	Systemtheorie	Agententheorie	Konstruktionsmethodik	Simultaneous Engineering	Concurrent Engineering	Integrierte Produktentwickl.	Integrierte Konstruktion und Montageplanung	Projektmanagement mit Reifegradindikatoren	Stuffer/Kleedörfer	Schmalzl	Goebel/Hanewinckel	Goldstein	Kamphausen
Durchgängiges Management (Planung+Steuerung)	●	●	◐	◐	◐	◐	●	●	◐	●	●	●	●	●	●	●	◐	◐	●
Integrierte Betrachtung von Produkt- und Prozeßplanung	○	○	○	○	○	○	○	○	◐	●	●	◐	●	●	◐	●	◐	◐	●
Integrierte Betrachtung von Prozeßeffizienz und -effektivität	◐	◐	◐	●	◐	◐	○	○	◐	◐	◐	◐	◐	●	●	◐	◐	◐	●
Berücksichtigung eines durchgängigen CA-Einsatzes (DMU)	○	○	○	○	○	○	◐	◐	◐	◐	●	◐	●	○	◐	◐	○	◐	○
Integration von Prozeß- und Informationslogistik ("unreife" Daten)	○	◐	○	◐	○	○	●	●	○	◐	●	●	◐	○	◐	◐	◐	●	◐
Berücksichtigung ger. Determinierbarkeit (adaptive Gestaltung)	◐	○	○	◐	◐	○	◐	●	◐	◐	○	●	◐	◐	◐	○	◐	○	◐

Bild 21: Bewertungsmatrix vorgestellter Lösungsansätze

Es läßt sich zusammenfassen, daß kein Lösungsansatz existiert, der die in der Matrix beschriebenen Kriterien umfassend erfüllt. Insbesondere folgende, wesentliche Aspekte werden von den existierenden Ansätzen nicht oder nicht ausreichend abgedeckt:

- Viele entwicklungsspezifische Methoden befassen sich nicht mit der Integration der Geschäftsprozesse von Produkt- und Prozeßplanung.
- Nur wenige Methoden berücksichtigen eine integrierte Bewertung von Prozeßeffizienz und Prozeßergebnis. Dies setzt die Existenz eines umfassenden Zielsystems voraus.
- Die Verfolgung von DMU-Strategien in Verbindung mit einem durchgängigen Geschäftsprozeßmanagement wurde bisher nicht betrachtet.
- Auch die daraus resultierende Berücksichtigung der Informationslogistik zwischen Entwicklung und Planung, die auf der Verarbeitung „unreifer“ Daten aufsetzt, wird bisher nur unzureichend aufgegriffen.
- Die meisten Planungs- und Steuerungsansätze gehen von einer ausreichenden Planbarkeit der Geschäftsprozesse aus. Dies genügt den hohen Anforderungen an die Prozeßdynamik in einem zunehmend turbulenten Umfeld nicht.

Somit läßt sich zusammenfassen, daß kein Lösungsansatz existiert, der die beschriebenen Anforderungen vollständig erfüllt (s. Bild 21). Daraus wird folgender Handlungsbedarf abgeleitet:

Es ist die Definition einer systematischen Vorgehensweise erforderlich, die das adaptive Management von integrierten, rechnerunterstützten Entwicklungs- und Planungsprozessen von der Planung bis zur Steuerung durchgängig methodisch unterstützt.

Im einzelnen bedeutet dies:

- eine Ablaufplanung und -steuerung
- eine Terminplanung und -steuerung
- eine Kostenplanung und -überwachung
- eine Kapazitäts-/Ressourcenplanung und –überwachung
- eine Planung und Überwachung der Wertschöpfung im Prozeß

Unter Beachtung folgender Randbedingungen:

- Berücksichtigung einer integrierten Prozeß- und Informationslogistik zwischen Produktentwicklung und Produktionsplanung unter der besonderen Anforderung einer intensiven Vernetzung und Parallelisierung
- Handling von „unreifen“ Daten und eines parallelen Informationswachstums zwischen Produkt- und Prozeßentwicklung
- Berücksichtigung des CA-Einsatzes zur Digitalisierung/Virtualisierung der Produktentwicklung und der Produktionsplanung
- Berücksichtigung der Zielorientierung während des gesamten Prozesses, sowohl auf den Prozeß selbst bezogen als auch auf die Prozeßergebnisse (Effizienz und Effektivität)
- Und vor allem Berücksichtigung der hohen Dynamik und geringen Determinierbarkeit von Entwicklungs- und Planungsprozessen

4.7.2 Anforderungen an die Planung

Unter Planung des Geschäftsprozesses wird die zeitlich-logische Anordnung der integrierten Entwicklungs- und Planungsaktivitäten unter Berücksichtigung informationslogistischer Verknüpfungen (integrierte Prozeß- und Informationslogistik) innerhalb eines definierten Planungszeitraumes verstanden. Der dafür notwendige Ressourceneinsatz gilt als zusätzliche Randbedingung, die berücksichtigt werden muß. Das Ergebnis ist ein sogenannter „Soll-“ bzw. „Referenzprozeß“.

Als Teil der Planungsphase ist die Planungsverifikation zu verstehen, die Inkonsistenzen aufdeckt und die Machbarkeit unter Beachtung vorher definierter Randbedingungen sicherstellt. Eine Analyse der Planungsergebnisse soll Leistungsparameter des Referenzprozesses wie Zeit, Kosten, Qualität und Ressourcenverbrauch für den betrachteten Planungshorizont prognostizieren.

Der integrierte Planungs- und Entwicklungsprozeß stellt sich als stark vernetztes System mit einer Vielzahl von nicht deterministischen Teilabläufen dar. Konventionelle, zentralistische Planungsansätze sind bei dieser starken Vernetzung und hohen Dynamik nicht effizient oder gar nicht anwendbar. Die jeweiligen Pläne sind oft schon wieder veraltet, noch bevor der eigentliche Prozeß

angelaufen ist oder sie verlieren durch unrealistische Kapazitäts- und Zeitvorgaben bei den Projektbeteiligten an Akzeptanz (STUFFER & KLEEDÖRFER 1997).

Die Feinplanung des Prozesses sollte also parallel zum laufenden Prozeß, für einen absehbaren Zeitraum, lokal und dezentral von den beteiligten Entwicklungsteams selbst erfolgen. Hierfür ist die Entwicklung eines geeigneten Konzepts erforderlich.

Im einzelnen soll die Planung folgende Aufgaben wahrnehmen:

- zeitlich-logische Anordnung der Aktivitäten auf Basis ablauf- und informationslogistischer Beziehungen
- Zukunftsorientierte Analysetechniken zur Planung der weiteren Prozeßschritte für einen bestimmten Zeitraum sowie Darstellung und Bewertung möglicher Prozeßalternativen
- Aufzeigen von Inkonsistenzen, Schwierigkeiten im Ablauf sowie ineffizienten Vorgängen und Schleifen

Dabei sollen folgende Randbedingungen berücksichtigt werden:

- Fokus auf minimaler "time to market", d.h. Beschleunigung sowie Parallelisierung der Entwicklungs- und Planungsaktivitäten.
- Zugriff auf konsistente, möglichst aktuelle Plandaten; diese müssen entsprechend zur Verfügung stehen.
- Ziele und Pläne konkretisieren sich im Laufe des Projektfortschritts und müssen deshalb im Sinne einer rollierenden Planung kontinuierlich detailliert und angepaßt werden können.
- Die begrenzte Determinierbarkeit von Entwicklungsprozessen muß sowohl bei der Zieledefinition als auch der Planung beherrscht werden.
- Die Verarbeitung sogenannter „unreifer“ Informationen (Zwischenergebnisse) soll bewußt unterstützt und die Kunden-Lieferanten-Schnittstellen daran ausgerichtet werden.
- Die vorgeschlagenen Planungsalgorithmen und -hilfsmittel sollen im Sinne einer Assistenzfunktion entscheidungsunterstützende, aber nicht –bestimmende Funktion haben. Die endgültige Entscheidungskompetenz soll immer bei den verantwortlichen Mitarbeitern bleiben.

4.7.3 Anforderungen an die Steuerung

Sind die Planungsphase abgeschlossen und der reale Entwicklungs- und Planungsprozeß gestartet, müssen Steuerungs- und Monitoringmechanismen dafür sorgen, daß alle Aktivitäten termingerecht ausgelöst werden.

Darüber hinaus muß die Steuerung dafür sorgen, daß der integrierte Entwicklungs- und Planungsprozeß flexibel auf dynamische Rahmenbedingungen und Störgrößen reagieren kann (siehe dazu das abstrahierte Regelkreismodell in Bild 22).

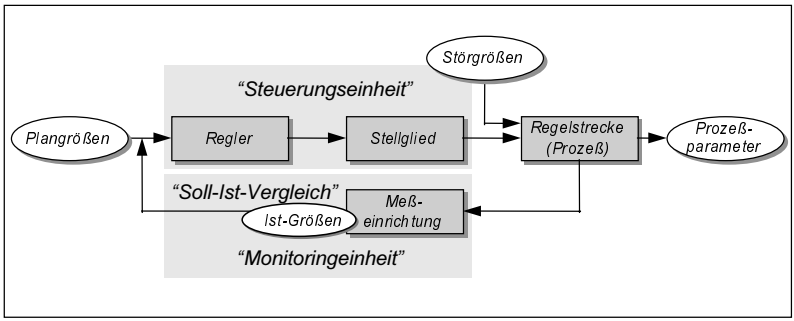


Bild 22: Regelkreismodell (nach BAETGE 1974)

Die Steuerungskomponente ist für das inhaltliche, termin-, qualitäts- und kostengerechte Erreichen der Prozeß-, Produkt- und Produktionsziele im Verlauf des Entwicklungs- und Planungsprozesses verantwortlich. Die wichtigsten Aufgaben der Steuerung sind die

- Identifikation,
- Bewertung
- und Veranlassung von Maßnahmen zur Erreichung der Entwicklungsziele.

Das Monitoring muß der Steuerung bei Planabweichungen entsprechende Signale übermitteln, um frühzeitig geeignete Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Das Monitoring nimmt im wesentlichen zwei Aufgaben wahr:

- Informationsfunktion (Transparenz, Dokumentation)
- Warnfunktion (Planabweichungen, Störungen)

Vergleichbar dem Prinzip der Produktionsüberwachung durch einen Leitstand soll das Monitoring relevante Informationen sammeln, filtern, auswerten und aufbereiten (HACKSTEIN 1989).

- Kontinuierliche Messung und Visualisierung des Prozeßfortschrittes und der Prozeßleistung bei gleichzeitiger Überwachung des Zielerreichungsgrades
- Identifikation prozeßkritischer bzw. optimierungsrelevanter Entwicklungsschritte und Entwicklungsinhalte einschließlich einer Bewertung des Optimierungspotentials in den Prozeßabschnitten

Der Fokus soll stets auf das Gesamtoptimum gerichtet werden, um eine Reduktion der Problemlösung auf Suboptima zu verhindern.

Das Erkennen von Zielkonflikten mit angrenzenden Entwicklungsumfängen, die Durchführung von Klärungsprozessen und fortlaufende Aktualisierung der Planung werden dezentral in den Teams sichergestellt (Zielkonflikt-/Problembehandlung). Beim Auftreten von Schwierigkeiten sollen das Problem angezeigt und die Beteiligten aufgefordert werden, aktiv an der Beseitigung des Problems und der Koordination der weiteren Schritte mitzuwirken. Dabei sollen sie durch formale Entscheidungshilfen unterstützt werden.

4.7.4 Randbedingung der Virtualisierung von Entwicklung und Planung

Die Migration vom Physical Mock-up (PMU) zum Digital Mock-up (DMU) (vgl. Kap. 4.1) induziert eine neue Vorgehensweise im Entwicklungs- und Planungsprozeß. Die Absicherung von Eigenschaften (Produkt- und Prozeßmerkmale) anhand von Hardware-Prototypen wird zunehmend durch eine Absicherung in Software ersetzt.

Um rechnerbasierte DMU-Methoden effektiv und effizient in den integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß einbauen zu können, müssen erst die Voraussetzungen für diese Prozeßintegration vorhanden sein bzw. geschaffen werden:

- Methodenverfügbarkeit:
  Es muß bekannt sein, welche praxistauglichen DMU-Methoden zur Verfügung stehen und welche Aussagen mit welcher Qualität sich damit ableiten lassen.

- Unternehmensstrategie:
  Es muß geprüft werden, welche DMU-Methoden generell für einen Einsatz im Unternehmen in Frage kommen (IT-Strategie).
- Aufwandsabschätzung:
  Es muß abgeschätzt werden können, wieviel Aufwand in der Anwendung einer CA-Methode steckt (Schulung, Betrieb, Wartung, ...).
- Digitale Referenz:
  Als informationstechnische Grundvoraussetzung für einen DMU-Prozeß müssen sogenannte „digitale Referenzen“ von Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel im Entwicklungsprozeß verfügbar gemacht werden.
- Merkmalsidentifikation:
  Es muß ermittelt werden, welche Produkt- und Produktionsmerkmale für das konkrete Unternehmen bei welchen Produkten besonders relevant sind. Dabei ist generell zu prüfen, ob die jeweilige Eigenschaft (Kriterium) objektivierbar, d.h. qualitativ oder quantitativ bewertbar ist (unabhängig von einsetzbaren DMU-Methoden).
- Merkmalsbewertung:
  Im nächsten Schritt ist zu analysieren, welche CA-Methoden fundierte Aussagen zu den einzelnen Merkmalen ermöglichen. Idealerweise wird eine Checkliste erstellt, in der für jede Eigenschaftsabsicherung eine entsprechende DMU-Methode mit allen erforderlichen Simulationsrandbedingungen vermerkt ist. Diese ist vergleichbar mit dem Anforderungskatalog und dazugehörigem Erprobungshandbuch, wie es in der physikalischen Versuchsplanung seit langem eingesetzt wird (s.a. REINHART ET AL. 1996). Dazu muß auch analysiert werden, welche Eingangsdaten in welcher Qualität die einzelne Methode benötigt und welche Ergebnisdaten in welcher Qualität und Aussagekraft sie liefern kann.
- Entscheidungsstrategie:
  Ist ein vollständiger DMU von Produkt und Produktion aufgrund technologischer, personeller oder organisatorischer Defizite noch nicht möglich, sind Entscheidungshilfen erforderlich, ob und auf welche Hardware-Prototypen für physikalische Experimente ausgewichen werden muß.

Diese Randbedingungen sind bei der Entwicklung des Planungs- und Steuerungskonzepts zu berücksichtigen. Der Schwerpunkt soll dabei auf der ablauforientierten Auswahl und Integration geeigneter CA-Methoden in den Entwicklungs- und Planungsprozeß gelegt werden.

5 Grundbausteine des Lösungsansatzes

In diesem Hauptkapitel werden generische Lösungsbausteine entwickelt, mit deren Hilfe die im vorangegangenen Kapitel formulierten Anforderungen umgesetzt werden. Zu diesem Zweck werden am Beginn generelle Merkmale des Lösungsansatzes hergeleitet (Kapitel 5.1). Die Umsetzung dieser Lösungsmerkmale erfolgt anschließend über die Identifikation und Beschreibung entsprechender Modellierungskonstrukte (Kapitel 5.2), welche die Grundlage für die in Kapitel 6 zu entwickelnde Planungs- und Steuerungsmethodik darstellen. Diese Modellierungskonstrukte werden in Kapitel 5.3 um eine Zielsystematik und in Kapitel 5.4 um Aspekte des CA-Einsatzes im Sinne einer DMU-Strategie erweitert.

5.1 Merkmale des Lösungsansatzes

Um ein effektives und effizientes, aber dennoch reaktionsfähiges Management von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen sicherzustellen, baut das Lösungskonzept auf mehreren Grundsätzen auf, die nachfolgend erläutert werden (s. Bild 23):

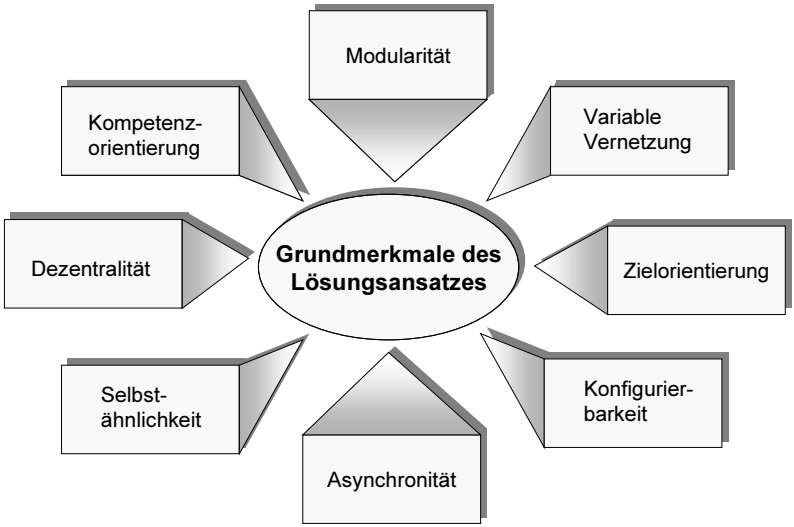


Bild 23: Grundmerkmale des Lösungsansatzes

- Modularität:

Das wichtigste Kennzeichen des Konzepts ist die Modularisierung des Geschäftsprozesses. Dabei wird versucht, den integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß in ausführbare und kontrollierbare Einheiten zu zerlegen. Diese einzelnen Module, im folgenden „***Prozeßbausteine***“ genannt, zeichnen sich dadurch aus, daß sie konkrete Handlungsvorschriften für eine Entwicklungs- und Planungsaufgabe beinhalten, flexibel miteinander vernetzt werden können und dabei gleichzeitig die elementaren Objekte einer integrierten Produkt- und Prozeßplanung in Form von Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel betrachten.

- Variable Vernetzbarkeit:

Um die erforderliche Flexibilität in der Ablaufgestaltung zu gewährleisten, sollen keine starren, deterministischen Reihenfolgebeziehungen zwischen den einzelnen Prozeßbausteinen definiert werden. Statt dessen sollen die Prozeßschnittstellen so neutral formuliert werden, daß die Prozeßverantwortlichen selber in die Lage versetzt werden, die Ablauffolge situationsabhängig festzulegen und anzupassen.

- Zielorientierung:

Um die vorher definierten Anforderungen bzgl. der Prozeßeffizienz und –effektivität zu erfüllen, ist ein entscheidender Erfolgsfaktor, daß die Geschäftsprozesse der Entwicklung und Planung konsequent zielorientiert durchgeführt werden. Voraussetzung dafür ist ein Zielsystem, das sowohl die Qualität des Geschäftsprozesses an sich (z.B. Durchlaufzeiten in der Entwicklung), aber auch die Qualität der Prozeßergebnisse (z.B. Durchlaufzeiten in der Fertigung) abbildet. Die Planung und Steuerung des integrierten Entwicklungs- und Planungsprozesses soll vor allem über die Festlegung und Messung der Zielerreichung geschehen.

- Konfigurierbarkeit:

Der Aspekt der freien Konfigurierbarkeit muß sich bereits in den Prozeßbausteinen widerspiegeln. Um eine möglichst produkt- und projektneutrale Definition und Vernetzung der Entwicklungs- und Planungsaktivitäten zu erreichen, ist es erforderlich, daß die Prozeßbausteine sowie die Schnittstellen zwischen den Bausteinen nur bis zu einem notwendigen Detaillierungsgrad im voraus festgelegt werden, um sie firmen- sowie projektspezifisch anpassen zu können.

- Asynchronität:

Um die Zeitpotentiale der Parallelisierung von Produkt- und Prozeßplanung zu erschließen, muß es der Planungs- und Steuerungsansatz ermöglichen, Aktivitäten zwar in hohem Maße parallel, aber dennoch asynchron zueinander ablaufen zu lassen, so daß möglichst kurze Warte- und Übergangszeiten an den Prozeßübergängen entstehen. Der Grad der Asynchronität sollte dabei aber skalierbar sein.

- Dezentralität:

Integrierte Entwicklungs- und Planungsprozesse bei Serienprodukten sind aufgrund ihrer Komplexität mit rein zentralistisch ausgerichteten Organisationsansätzen nicht zu beherrschen (s. Kap. 4.7). Um die Potentiale von eigenverantwortlichen Organisationsmechanismen zu erschließen, sollen die Fähigkeiten dezentraler, selbstähnlicher Systeme wie Autonomie, Selbstorganisation und Bereichsoptimierung genutzt werden (s. Kap. 4.4.1). Der Grad der Dezentralität sollte aber auch hier möglichst skalierbar sein.

- Kompetenzorientierung

Die inhaltliche Transformation in einem Prozeßbaustein sollte dadurch gekennzeichnet sein, daß sie möglichst eindeutig bezüglich der dafür notwendigen Kompetenzen ist. Dies gilt für die Fach-, Methoden- und Werkzeugkompetenz in gleichem Maße wie für die Organisationskompetenz. Erst dadurch wird eine effiziente Wertschöpfung gewährleistet. Die Prozeßbausteine sollen somit auch einen Beitrag zu einem prozeßorientierten Wissensmanagement liefern (VOSSMANN 1999).

Ein wichtiger Beitrag zur operativen Umsetzung dieser Merkmale kann durch eine geeignete Geschäftsprozeßmodellierung geleistet werden. Im folgenden Abschnitt werden deshalb generische Modellierungskonstrukte für das adaptive Prozeßmanagement abgeleitet.

5.2 Modellierungskonstrukte für das Geschäftsprozeßmanagement

5.2.1 Anforderungen an eine Modellunterstützung

Der generelle Nutzen der Anwendung von Modellierungsmethoden wird in vielen Arbeiten besprochen. Beispielsweise sei hier auf verschiedene Ansätze der Geschäftsprozeßmodellierung (SPUR ET AL. 1993, SCHEER 1994B, GAUSEMEIER 1994, MERTINS ET AL. 1994) verwiesen.

Mit einer Modellunterstützung für ein adaptives Prozeßmanagement werden folgende Ziele verfolgt:

- Hohe Transparenz durch modellhafte Abbildung der Entwicklungs- und Planungsschritte in einem Prozeßmodell
- Hohe Flexibilität und Reaktionsfähigkeit durch einen modularen Modellaufbau (Baukastenprinzip)
- Standardisierung von Prozeßschritten mit hoher Wiederholhäufigkeit durch modellgestützte Referenzbausteine
- Abbildung prozeßspezifischen Wissens in Modellbausteinen

Inhaltliche und formale Anforderungen, die an die Modellierung zu stellen sind:

- Die wesentlichen Objektklassen, die für die Durchführung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen erforderlich sind, sind abzubilden.
- Klare und einheitliche Beziehungen zwischen den Objektklassen sind zu definieren (Verknüpfungstypen).
- Das Modell ist hierarchisierbar und detaillierbar zu gestalten, so daß problemspezifisch aggregierte Sichten auf den Entwicklungs- und Planungsprozeß sowie die Entwicklungs- und Planungsobjekte möglich sind.
- Das Modell soll dynamisch modifizierbar sein, so daß es auch während des Entwicklungs- und Planungsprozesses an geänderte Randbedingungen angepaßt werden kann.
- Eine einheitliche Klassifizierung der Schnittstellen zwischen einzelnen Prozeßbausteinen (Vernetzung der Aktivitäten) ist vorzusehen.

- Über eine Attributierung sollen die Objekte mit beschreibenden Merkmalen wie Zeit, Kosten, Ressourcenbedarf oder Aufgabenbeschreibung versehen werden können.
- Das Modellierungskonzept sollte offen und erweiterbar sein, so daß es auf unternehmens- und benutzerspezifische Anforderungen angepaßt werden kann.

Hierzu werden im nächsten Schritt die dafür erforderlichen *Basisobjekte* hergeleitet. Anschließend wird die Vernetzung zwischen den Basisobjekten definiert.

5.2.2 Identifikation der Basisobjekte

Die elementaren Objekte einer integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung sind (s. Bild 24):

- das zu entwickelnde **Produkt**
- der zu planende **Produktionsprozeß** und die
- für den Produktionsprozeß festzulegenden **Produktionsmittel**

Mit diesen **Basisobjekten** sind alle wesentlichen Ergebnisse einer integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung beschreibbar (vgl. REINHART 1998B). Für das Geschäftsprozeßmanagement ist es erforderlich, die „Entstehungsgeschichte“ dieser Entwicklungs- und Planungsobjekte mit ihren Zwischenzuständen dynamisch abzubilden, so daß eine adaptive und situationsangepaßte Planung und Steuerung möglich werden.

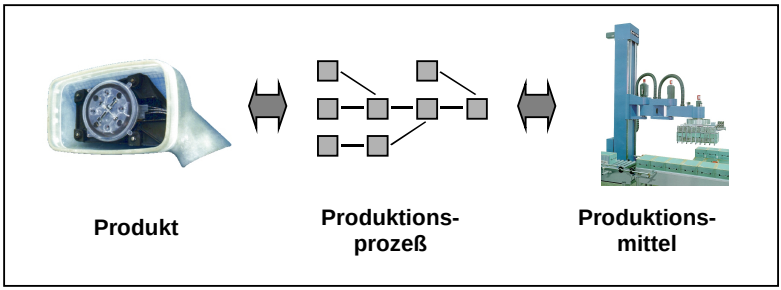


Bild 24: Basisobjekte einer integrierten Entwicklung und Planung

Zu diesem Zweck ist es notwendig,

- das zunehmende Informationswachstum der einzelnen Basisobjekte über eine kontinuierliche Beschreibung von Zwischenzuständen dieser Objekte in ausreichender Granularität abzubilden,
- die inhaltlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Basisobjekten so zu definieren, daß eine integrierte und synchrone Betrachtung von Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel mit den gegenseitigen Wechselwirkungen ermöglicht wird.
- Für den Aspekt der Virtualisierung von Produkt und Prozeß ist es erforderlich, daß die Basisobjekte auch informationstechnisch in geeigneter Repräsentation und Qualität zur Verfügung gestellt werden.

5.2.3 Einführung Geschäftsprozeßbaustein

Die Vernetzung dieser Basisobjekte im integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß wird über sogenannte **Prozeßbausteine** realisiert, welche die inhaltliche Transformation an den Basisobjekten (vgl. 5.2.2) durch Entwicklungs- und Planungsaktivitäten widerspiegeln.

Grundthese dieser Arbeit ist, daß sich ein integrierter Entwicklungs- und Planungsprozeß in **generische Geschäftsprozeßbausteine** modularisieren läßt, die durch einen erforderlichen Input und einen generierbaren Output eindeutig beschreibbar sind. Die vorliegende Arbeit geht davon aus, daß sich diese Schnittstelle zwischen parallel stattfindenden Vorgängen nicht wie bei vielen konventionellen Ansätzen über starre Ereignisse (z.B. Meilensteine), sondern direkt über die Beschreibung des aktuellen Zustands der Basisobjekte (Produkt, Produktionsprozeß, Produktionsmittel) an sich beschreiben läßt.

Die **variable Vernetzung** der einzelnen Prozeßbausteine soll durch einen stetigen Abgleich von erforderlichen Eingangsinformationen für einen Prozeßbaustein mit den verfügbaren, von anderen Prozeßbausteinen erzeugten Ausgangsinformationen im Sinne von dynamischen Kunden-Lieferanten-Beziehungen sichergestellt werden. Dies setzt voraus, daß einerseits die inhaltliche und organisatorische Verantwortung für einen Prozeßbaustein, andererseits die Schnittstellen zwischen den einzelnen Prozeßbausteinen eindeutig beschrieben werden.

Ein generischer **Prozeßbaustein** besteht somit aus folgenden Elementen (s. Bild 25):

- Beschreibung des Vorgangs an sich (= Handlungsvorschrift für den durchzuführenden Entwicklungs- bzw. Planungsschritt)
- Beschreibung des erforderlichen Eingangszustandes
- Beschreibung des generierbaren Ausgangszustandes

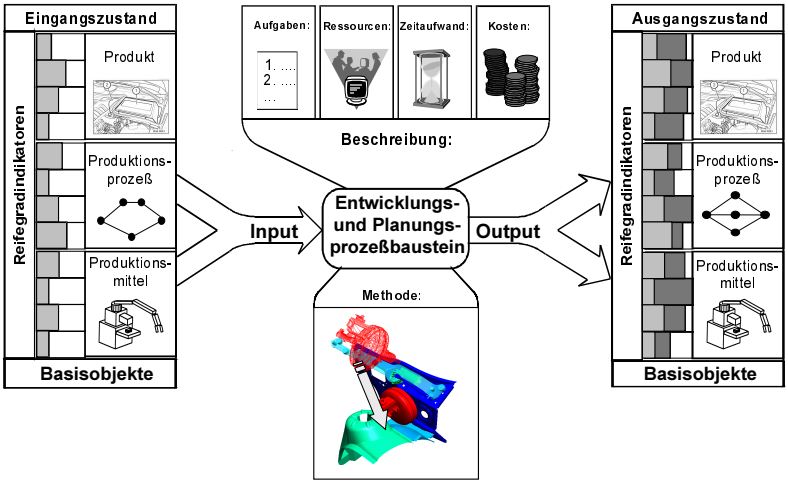


Bild 25: Komponenten des Geschäftsprozeßbausteins

Die Beschreibung des **Vorgangs** besteht aus einer detaillierten Aufgabenerläuterung sowie zusätzlichen Informationen, wie Zeitaufwand, benötigte Personal- und Sachressourcen sowie entstehende Kosten (im Sinne von Prozeßkosten, s. Kap. 4.3.7). Ein wesentliches Beschreibungskriterium der einzelnen Prozeßbausteine ist die Auswahl und Zuordnung zu verwendender Entwicklungs- und Planungsmethoden. Insbesondere für die Realisierung einer DMU-Strategie sind hier die jeweiligen CA-Methoden den einzelnen Prozeßbausteinen zuzuordnen, mit deren Hilfe die planerische Wertschöpfung an den Objekten Produkt, Prozeß und Betriebsmittel generiert wird (vgl. Kap. 5.4).

Der **Input** beschreibt den Eingangszustand, der zum Start eines Vorgangs erforderlich ist. Der Eingangszustand charakterisiert den erforderlichen **Reifegrad**

der Basisobjekte Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel, der zur Durchführung des entsprechenden Geschäftsprozeßbausteins notwendig ist.

Im **Output** ist definiert, in welchem **Reifegrad** die Basisobjekte nach der Durchführung des Prozeßbausteins für nachfolgende Entwicklungs- und Planungsaufgaben zur Verfügung stehen.

Bei den Ein- und Ausgangsinformationen für einen Prozeßbaustein kann unterschieden werden zwischen *Steuerdaten* und *Arbeitsdaten* in Anlehnung an die Modellierungsmethode SADT („Structured Analysis and Design Technique“, vgl. MERTINS ET AL. 1994): Steuerdaten sind dadurch gekennzeichnet, daß sie lediglich unterstützende, informierende Funktion bei der Durchführung einer Entwicklungsaktivät haben, während die Arbeitsdaten als zwingender Input durch den zugeordneten Entwicklungsschritt eine Bearbeitung erfahren.

- **Hierarchisierung:**

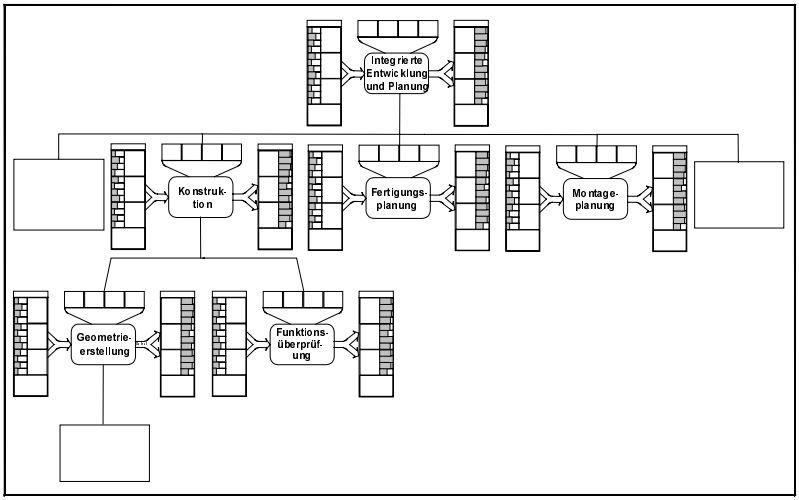


Bild 26: Hierarchisierung des Geschäftsprozesses

Ein Prozeßbaustein läßt sich wiederum in einzelne Subprozesse untergliedern. Dadurch wird in der Beschreibung des integrierten Entwicklungs- und Planungsprozesses ein variabler Abstraktionsgrad erreicht. Aus Übersichtlichkeits-

und Handhabbarkeitsgründen sollte aber die Anzahl der Hierarchiestufen nicht zu hoch gewählt werden.

Bild 26 zeigt schematisch die Hierarchie im Geschäftsprozeß. In der obersten Ebene steht der gesamte integrierte Prozeß der Produktentwicklung und Produktionsplanung, der nach unten hin in immer kleinere, ausführbare Einheiten zerlegt wird. Die Frage des richtigen Detaillierungsgrades und der geeigneten Aufgabenstrukturierung ist dabei nicht generell zu beantworten, sondern hängt von der Komplexität der einzelnen Entwicklungs- und Planungsaufgabe im Anwendungsfall ab (vgl. KRUMM 1994).

5.2.4 Beschreibung der Basisobjekte

Zur einheitlichen Beschreibung des **Reifegrades** von Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel sind Klassifizierungsschemata notwendig, die über die einzelnen Entwicklungsfunktionen und –disziplinen hinweg für ein einheitliches Verständnis des Entwicklungs- und Planungsfortschritts sorgen.

Im Mittelpunkt der Beschreibung der Basisobjekte steht die Abbildung des Informationszuwachses in Form von Reifegraden, welche die sukzessive, aber parallele Detaillierung dieser Objekte charakterisieren. Dazu werden für das Produkt, den Produktionsprozeß und die Produktionsmittel sogenannte „**Reifegradindikatoren"** eingeführt, die auf einer Meta-Ebene abstrakt den aktuellen Zwischenzustand des entsprechenden Objektes widerspiegeln. Da sich die Reifegradindikatoren in der Ausprägung während des Entwicklungs- und Planungsprozesses kontinuierlich ändern, werden sie im folgenden auch als „**dynamische Indikatoren“** bezeichnet.

Eine zweite Kategorie von Indikatoren ist in der Ausprägung eher statisch, aber insbesondere für eine CA-gestützte Entwicklung und Planung als Eingangsinformation zwingend erforderlich. Für eine prozeßübergreifende, informationstechnische Vernetzung einer integrierten Entwicklung und Planung ist es notwendig zu wissen, in welcher Qualität, in welchem Format und an welchem physikalischen Ort die das Objekt beschreibenden Daten vorliegen. Diese Indikatoren bleiben entweder über den gesamten Entwicklungs- und Planungsprozeß oder zumindest über einen bestimmten Zeitraum konstant in ihrer Ausprägung. Diese Objektmerkmale werden demnach im folgenden als „**statische Indikatoren**“ bezeichnet.

Für eine hohe Flexibilität in der Prozeßgestaltung müssen die einem einzelnen Entwicklungs- und Planungsobjekt zugeordneten Indikatoren inhaltlich möglichst unabhängig voneinander sein. Erst dadurch wird es möglich, die Produkt- und Prozeßplanung soweit zu entkoppeln, daß beispielsweise in einem Fall das Produkt, in einem anderen Fall der Produktionsprozeß oder die Produktionsmittel den „**Treiber**“ des integrierten Entwicklungs- und Planungsprozesses darstellen.

Die folgenden Kapitel sollen aufzeigen, mit welchen dynamischen und statischen Indikatoren die Basisobjekte Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel im Sinne der genannten Anforderungen beschrieben werden können. Um die freie Konfigurierbarkeit sowohl bei den Prozeßbausteinen als auch den Basisobjekten (vgl. Lösungselemente, Kap. 5.1) zu gewährleisten, muß vom methodischen Ansatz her die Anpassungsmöglichkeit an anwendungsspezifische Randbedingungen gelten. Für die hier definierten Indikatoren kann und soll deshalb kein Anspruch auf Allgemeingültigkeit und Vollständigkeit erhoben werden. Vielmehr soll ein generischer Lösungsansatz aufgezeigt werden, der bedarfsorientiert an unternehmens- und projektspezifische Randbedingungen anzupassen ist.

5.2.4.1 Beschreibung des Produktes

- **Indikatoren:**

Die Produktindikatoren beinhalten die abstrakte Beschreibung eines Einzelteils, einer Baugruppe oder des Gesamtprodukts.

Als **dynamische Indikatoren** des Produktes werden definiert (s. Bild 27):

- Status,
- Detaillierung,
- Struktur und
- Varianten.

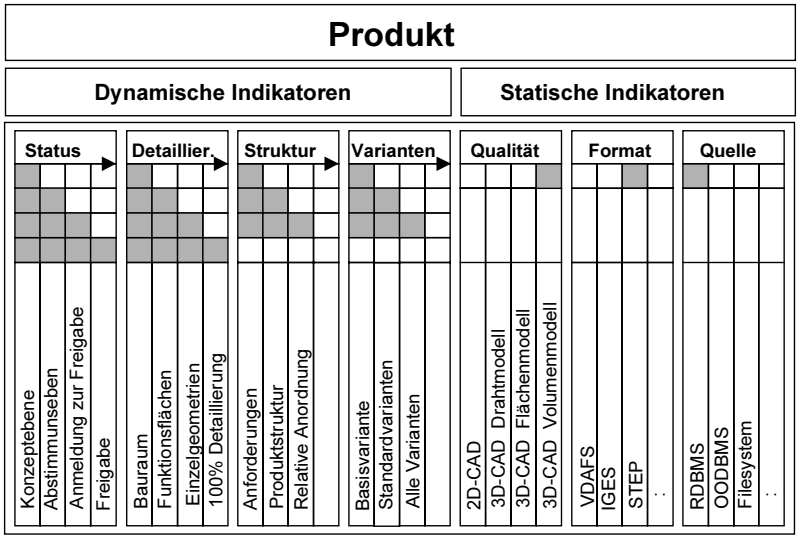


Bild 27: Indikatoren des Basisobjekts Produkt

Der Indikator **Status** spiegelt den offiziellen Projektstatus wieder, den das Produkt oder Ausschnitte davon einnehmen (BURGHARDT 1995). Mit dem Status eines Bauteils oder einer Baugruppe wird die Verbindlichkeit und Sicherheit klassifiziert, die ein Produktausschnitt während des Entwicklungs- und Planungsprozesses erreicht hat. Als generische Abstufungen für diesen Indikator werden vier Kategorien vorgeschlagen. Die **„Konzeptebene“** beschreibt, daß die Suche nach verschiedenen Lösungsalternativen für die einzelnen Funktionsträger noch nicht abgeschlossen ist. Ist die Konzeptauswahl erfolgt, kann in die **„Abstimmungsebene“** eingetreten werden, innerhalb derer die einzelnen Funktionsbausteine des Produktes aufeinander abgestimmt werden. Wenn die geforderten Merkmale des Bauteils in der Konstruktion nachgewiesen sind, wird das Bauteil zur „**Freigabe“** angemeldet. In der „**Freigabeebene**“ wird sichergestellt, daß ein Bauteil alle in der Konzeptebene gestellten Anforderungen erfüllt und mit angrenzenden Bauteilumfängen abgestimmt ist.

Die **Detaillierung** klassifiziert den Detaillierungsgrad, der innerhalb eines Produktes, einer Baugruppe oder eines Teiles vorliegt. Um eine möglichst zeitparallele Produktdefinition auch an verschiedenen benachbarten Produktbereichen zu ermöglichen, wird die erste Stufe als Definition von „**Bauräumen“** charakterisiert. Bauräume definieren ein Hüllvolumen für einzelne Komponenten,

ohne daß schon die exakte Gestalt der Produktkomponenten im einzelnen festgelegt ist. In dieser Phase werden noch keine Aussagen zur Festlegung der Schnittstellen zwischen den einzelnen Bauräumen getroffen. Die nächste Detaillierungsstufe ist erreicht, wenn innerhalb und an den Grenzen eines Bauraumes sogenannte „**Funktionsflächen**“ festgelegt sind. Funktionsflächen definieren durch ihre eindeutige Form und Lage die geometrische Schnittstelle zwischen einzelnen Bauteilen innerhalb eines Bauraumes oder auch über Bauraumgrenzen hinweg, ohne daß die exakte Lage und Geometrie der Bauteile im einzelnen schon feststeht. In den beiden letzten Stufen erfolgt die weitere Konkretisierung der Produktgeometrie. Dabei werden die Stufen „**Einzelgeometrie**“ festgelegt und Einzelgeometrie ausdetailliert („**100% Detaillierung**“) unterschieden.

Im Attribut **Struktur** wird der Fortschritt der Gestaltung der Beziehung zwischen einzelnen Produktkomponenten angegeben. Dieses Attribut wird in drei Stufen unterteilt (in Anlehnung an FELDMANN 1997). In der Stufe „**Anforderungen**“ sind bereits die wesentlichen technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen an das Produkt qualitativ und quantitativ definiert. In der „**Produktstruktur**“-Stufe sind die grundlegenden Funktionen beschrieben und einzelnen Funktionsträgern zugewiesen, die sich in Form einer Erzeugnisstruktur abbilden. In der Ebene „**Relative Anordnung**“ ist von allen Einzelbauteilen und Baugruppen die exakte geometrische Lage zueinander definiert.

Komplexe Serienprodukte zeichnen sich durch eine Vielzahl von Typen und Varianten aus, die dem Kunden gegenüber angeboten werden. In der Konstruktionslehre werden verschiedene Arten von Varianten unterschieden (Austauschvarianten, Ausstattungsvarianten, Ländervarianten, ...) (vgl. RATHNOW 1992).

Mit dem Attribut **Varianten** wird die Anzahl der bis zu einem bestimmten Zeitpunkt festgelegten Produktvarianten im Entwicklungsprozeß klassifiziert. Der Variantenvielfalt kann begegnet werden, indem im frühen Entwicklungsstadium von einer „**Grundvariante**“ oder Basisvariante des Produktes, einzelner Baugruppen oder Teile ausgegangen wird. Zu einem späteren Zeitpunkt liegen mehrere „**Standardvarianten**“ vor, welche die stückzahlstärksten Ausprägungen eines Produktes widerspiegeln. Erst wenn auch sogenannte Exoten (beispielsweise länderspezifische Sondervarianten) definiert sind, kann die Beschreibung der Varianten als vollständig betrachtet werden („**alle Varianten“)**.

Als **statische Indikatoren** der Produktinformation werden definiert:

- Qualität
- Format
- Quelle

Das Attribut **Qualität** beschreibt die Qualität der geometrischen Repräsentation eines Produktausschnitts (HAASIS 1995). Diese ist für den Produktentwickler bzw. Produktionsplaner insofern wichtig, als sie eine wesentliche Eingangsinformation für einen digitalen Produktentstehungsprozeß bildet, der auf virtuellen Modellen von Produkt und Produktionsmitteln aufsetzt. Bei der Qualität handelt es sich um einen statischen Indikator, weil die einzelnen Ausprägungen nicht nacheinander durchlaufen werden, sondern die am Beginn gewählte Ausprägung in der Regel über einen längeren Zeitausschnitt beibehalten wird. Für einen DMU werden das Produkt wie auch die Produktionsmittel in der Regel von Beginn an vollständig in 3D modelliert. Existiert ein 3D-Volumenmodell, können alle untergeordenten Ausprägungen bei modernen CAD-Systemen daraus abgleitet werden (HAASIS 1995).

Die beiden letzten Indikatoren (Format und Quelle) werden festgelegt, um den Zugriff auf die richtigen Daten zur Durchführung einer Entwicklungsaktivität zu ermöglichen. Dazu muß der Benutzer einerseits wissen, wo (Quelle) und in welchem Format die benötigten CAD-Daten des Produktes zu finden sind.

Format bezeichnet, in welchem Datenformat die Information bereitsteht, wie z.B. proprietäre Geometriedatenformate von kommerziellen CAD-Systemen, oder aber auch standardisierte Formate wie „STEP“, „VDAFS“ oder „IGES“ (GRABOWSKY ET AL. 1993, RADTKE & WARNECKE 1995).

Quelle legt fest, in welchem Informationssystem die Daten abgelegt sind. Dies können sowohl konventionelle Datei-Systeme oder auch Datenbanken (relational RDBMS bzw. objektorientiert OODBMS, vgl. ULUSOY 1996) sein. In der Praxis setzen sich hier immer mehr PDM- oder EDM-Systeme (Product Data Management bzw. Engineering Data Management) durch, die über entsprechende Schnittstellen mit den CAD-Systemen gekoppelt sind (ABRAMOVICI 1996).

Die beiden letzten Indikatoren (Format, Quelle) hängen sehr stark von der informationstechnischen Infrastruktur ab, die im einzelnen Unternehmen vorherrscht.

- **Hierarchisierung:**

Um das Produkt problemspezifisch auf unterschiedlichen Abstraktionsgraden betrachten zu können, ist es erforderlich, das Enderzeugnis mit seinen Einzelkomponenten in mehreren Hierarchiestufen abzubilden.

Bild 28 zeigt die Hierarchisierung des Produktes ausgehend von der Produktstruktur. Während in der untersten Ebene die Indikatoren in ihrer Ausprägung noch diskret vorliegen, entsteht durch die Aggregation nach oben eine Streuung des Informationsreifegrades aufgrund des unterschiedlichen Fortschritts der Einzelteile.

Für die Verdichtung der Reifegradindikatoren wird folgender Algorithmus vorgeschlagen: Es werden sowohl der durchschnittliche Mittelwert als auch die mittlere Streuung um den Mittelwert ermittelt und jeweils nach oben hin aggregiert (vgl. Bild 28). So ist es dem Anwender möglich, auf einer beliebigen Hierarchiestufe des Produktes schnell zu erkennen, wie fortgeschritten der komplette Produktausschnitt ist, aber gleichzeitig zu sehen, in welcher Streubreite sich einzelne Untersysteme des betrachteten Produktausschnitts (z.B. Teile einer Baugruppe) bezüglich Ihrer Wertschöpfung befinden.

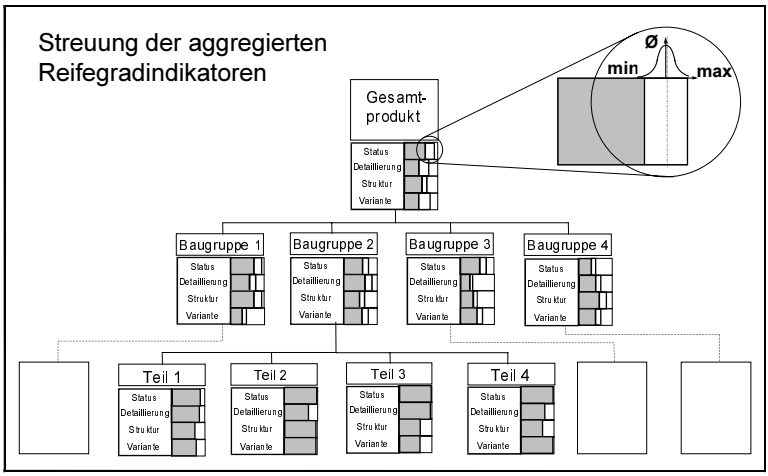


Bild 28: Hierarchisierung des Produktes

5.2.4.2 Beschreibung der Produktionsmittel

- **Indikatoren:**

Folgendes Schema zeigt alle Indikatoren für die Produktionsmittel im Überblick:

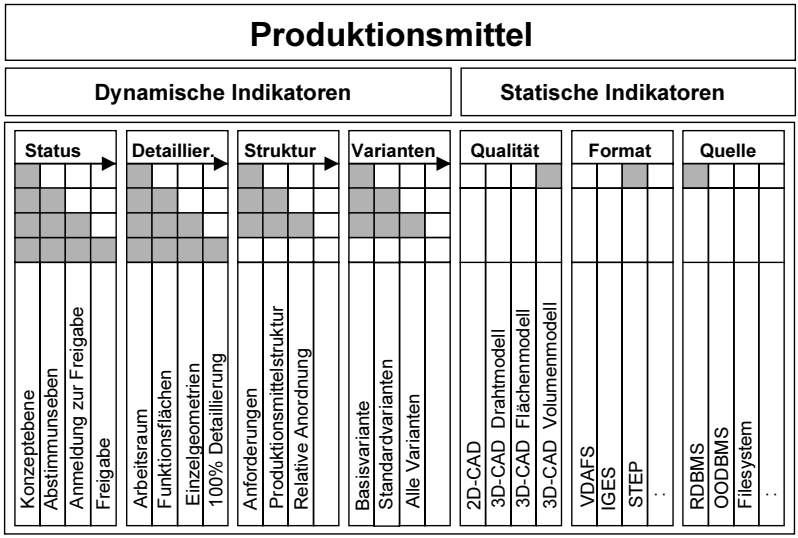


Bild 29: Indikatoren des Basisobjektes Produktionsmittel

Die Produktionsmittel lassen sich mit annähernd demselben Klassifizierungsschema beschreiben wie das Produkt. Abgesehen von der Klasse **Detaillierung -** hier wird der „Bauraum“ als „**Arbeitsraum**“ (Hüllvolumen des Betriebsmittels) definiert - stimmen die beiden Schemata exakt überein.

Das Attribut **Struktur** gibt wie bei der Bauteilklassifikation den Fortschritt der Beziehungsstruktur innerhalb eines Produktionsmittels wieder. Darin wird festgelegt, aus welchen Baugruppen und Einzelteilen das Fertigungsmittel zusammengesetzt ist. Dieses Attribut ist ebenfalls in drei Stufen gegliedert: Unter „**Anforderungen**“ eines Betriebsmittels würde die Anzahl der Freiheitsgrade, der Achsen und die Anzahl der Einzelkörper fallen. In der „**Produktionsmittelstruktur**“-Stufe ist der Grundaufbau des Fertigungsmittels definiert. Das heißt einzelnen Fertigungsschritten wurden analog zum Produkt einzelne Betriebsmittel zugeordnet. In der letzten Ausprägungsstufe sind alle Einzelkomponenten

des Fertigungsmittels zueinander positioniert sowie alle Gelenke und Achsen räumlich plaziert („**relative Anordnung**“).

Die Attribute **Qualität**, **Format** und **Quelle** der beschreibenden CAD-Daten werden beim Fertigungsmittel analog zum Produkt bewertet.

- **Hierarchisierung:**

Auch für die Hierarchisierung gelten beim Produktionsmittel die gleichen Randbedingungen wie beim Produkt, indem sich ein Produktionsmittel aus einzelnen Teilsystemen bis hin zu einer kompletten Produktionsanlage oder Fabrik aggregieren läßt. Die Indikatoren werden nach dem gleichen Algorithmus wie beim Produkt über verschiedene Strukturebenen mit einer Streuung der Reifegradindikatoren hierarchisiert (vgl. Bild 30):

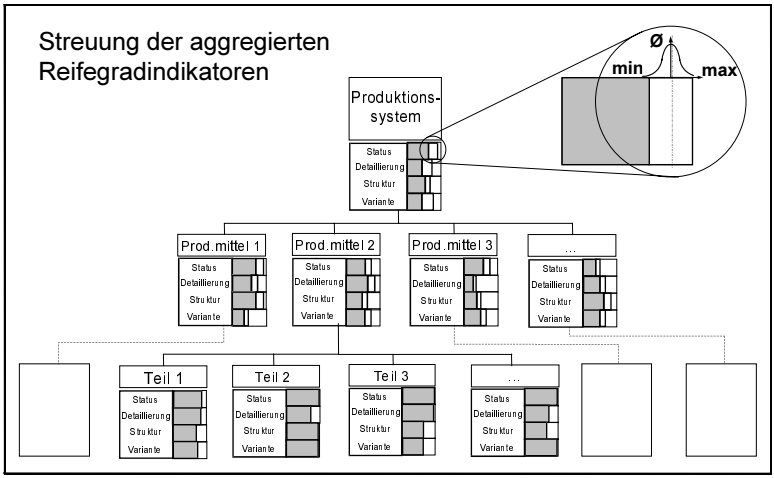


Bild 30: Hierarchisierung der Produktionsmittel

5.2.4.3 Beschreibung des Produktionsprozesses

Der Produktionsprozeß stellt das logische Verbindungsglied zwischen Produkt und Produktionsmittel dar. Durch den Produktionsprozeß wird das Produkt unter Einsatz entsprechender Betriebsmittel hergestellt.

Die Produktion beinhaltet im Verständnis dieser Arbeit sowohl die Teilefertigung als auch die Montage und schließt sämtliche Vorbereitungs-, Überwachungs- und Qualitätssicherungsaufgaben, die für die Herstellung eines Produktes erforderlich sind, mit ein. Als physischer Input fließen Rohmaterialien oder Halbzeuge in den Prozeß hinein. Am Ende des Produktionsprozesses steht ein voll funktionsfähiges und geprüftes Enderzeugnis zur Verfügung.

- **Indikatoren:**

Auch der Produktionsprozeß ist über entsprechende Attribute zu beschreiben, die den Entwicklungsstatus des Produktionsprozesses für eine integrierte Produktentwicklung und Produktionsplanung in geeigneter Weise dokumentieren (vgl. Bild 31):

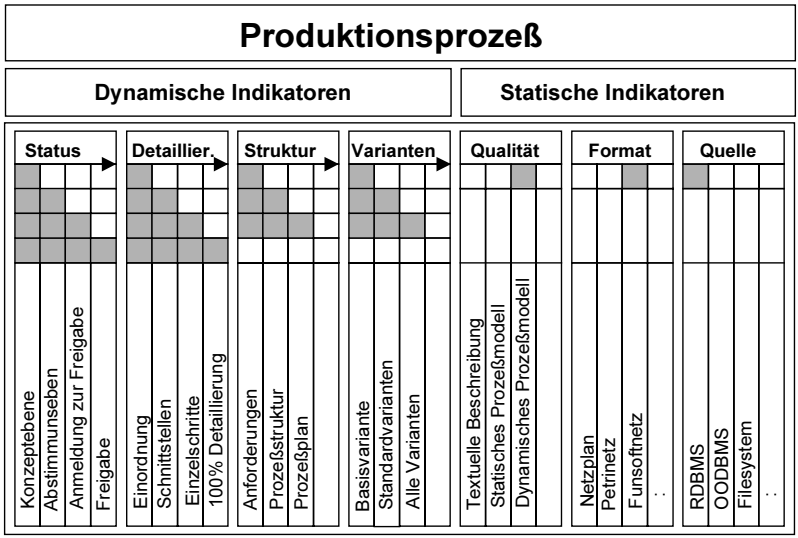


Bild 31: Indikatoren des Produktionsprozesses

Der dynamische Teil der Produktionsprozeß-Klassifikation beinhaltet die gleichen Indikatoren wie Produkt und Produktionsmittel:

Detaillierung beschreibt in drei Abstufungen den Weg von der groben „**Einordnung**“ (der Zeitabschnitt eines Fertigungsprozesses im Gesamtproduktherstellungsprozeß ist bekannt) über die Definition der „**Schnittstellen**“ (Material- und Informationsfluß an den Systemgrenzen), über eine Konkretisierung der „**Einzelschritte**“ bis hin zur „**100% Detaillierung**“ mit allen Zusatzinformationen, wie z.B. technologische Parameter oder Taktzeiten.

Die **Struktur** wird wie bei der Bauteilklassifikation in drei Abstufungen unterteilt. Die „**Prozeßanforderungen“** beinhalten die technologischen und wirtschaftlichen Anforderungen an den Gesamtablauf. Die „**Prozeßstruktur“** ist definiert, wenn die für den Gesamtprozeß erforderlichen Teilprozesse identifiziert und grob zueinander strukturiert sind. Sind alle Produktionsprozesse und ihre Unterprozesse in eine exakte inhaltliche und zeitliche Reihenfolge zueinander gesetzt, ist die höchste Stufe der Informationsreife des Attributes „Struktur“ erreicht. In Analogie zur Arbeitsplanung wird davon gesprochen, daß ein „**Prozeßplan**“ vorliegt, der den Produktionsprozeß vollständig beschreibt.

Auch beim Produktionsprozeß können verschiedene **Varianten**, z.B. eines Montageprozesses, bei dem die einzelnen Bauteile in unterschiedlicher Reihenfolge gefügt werden, auftreten. Daher rührt die gleiche Einteilung dieser Klasse in „**Grundvariante**“, „**Standardvarianten**“ und „**Alle Varianten**“.

Die informationstechnische Repräsentation des Produktionsprozesses liefert wiederum Informationen über die statischen Indikatoren

- Qualität,
- Format und
- Quelle.

Das Attribut **Qualität** beschreibt die Güte, in welcher der Produktionsprozeß repräsentiert ist. Hierfür sind folgende Abstufungen sinnvoll:

- Textuelle Beschreibung
- Statisches Prozeßmodell (z.B. Petrinetz)
- Dynamisches (simulationsfähiges) Prozeßmodell in zwei- bzw. dreidimensionaler Repräsentation (z.B. 3D-Simulationsmodell einer Montageanlage)

Format bezeichnet, in welchem Datenformat die Information zur Verfügung steht. Auch hier gibt es analog zu den Produktdaten systemproprietäre Formate, wie sie häufig in Prozeßplanungs- und Simulationswerkzeugen vorzufinden sind, aber auch standardisierte Formate. Für eine ausführliche Definition von standardisierten Modellnotationen von Produktionsprozessen sei hier beispielsweise auf MERTINS (1994) verwiesen.

Quelle legt fest, in welchem technischen Informationssystem die prozeßbeschreibenden Modelle abgelegt sind.

- **Hierarchisierung:**

Analog zu Produkt und Produktionsmittel gibt es auch bei den Produktionsprozessen eine Prozeßhierarchie (s. Bild 32). Durch die Aggregation entsteht auch hier eine Streubreite des Informationsreifegrades.

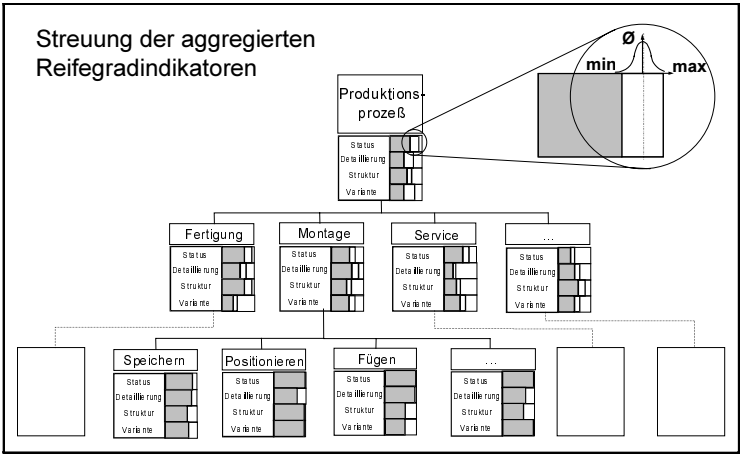


Bild 32: Hierarchisierung des Produktionsprozesses

Fazit:

Auf Basis der Beschreibungsschemata für die Basisobjekte lassen sich für jeden erforderlichen Entwicklungs- und Planungsvorgang die als Input erforderlichen Eingangsobjekte und die als Output generierbaren Ausgangsobjekte beschreiben, indem jeder Entwicklungs- und Planungsaktivität konkrete Eingangs- und Ausgangsobjekte mit Indikatoren zugeordnet werden, deren Ausprägung aus der Sicht des jeweiligen Vorgangs notwendig bzw. machbar erscheint.

5.3 Zielorientierung in den Prozeßbausteinen

Wie bereits in den Grundmerkmalen des Lösungsansatzes (vgl. Kap. 5.1) dargelegt, stellt die Zielorientierung für ein adaptives Management von Entwicklungs- und Planungsprozessen ein wesentliches Kriterium dar. Dafür ist es erforderlich, neben den Indikatoren zusätzliche Informationen in die Prozeßbausteine zu integrieren, die den Grad der Zielerfüllung repräsentieren. Die Ziele müssen dabei sowohl Aussagen über die Prozeßeffizienz als auch über die Prozeßeffektivität im Sinne der Qualität der Entwicklungsergebnisse erlauben. In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche Ziele hierfür relevant sind und wie sie in die Prozeßbausteine integriert werden können.

Ziele beschreiben nach MÜLLER (1995) einen eindeutigen Endzustand einer durchzuführenden Tätigkeit oder Aufgabe. Sie bilden den Maßstab dessen, was tatsächlich erreicht wird, und sind damit für die Kontrolle unerläßlich. Ziele dienen insbesondere in dezentralen Organisationsstrukturen auch der Motivation der Mitarbeiter (REFA 1995, KAMPHAUSEN 1999), die ihre eigene Leistung an vorgegebenen Zielmaßstäben ausrichten können.

Ein Gesichtspunkt zur Erweiterung der Anforderungen an die Gestaltung von DMU-Geschäftsprozessen ist die Definition von Produkt- und Produktionszielen, die durch CA-Methoden abgesichert werden sollen. Im wesentlichen geht es dabei um die Früherkennung von Produkt- und Prozeßeigenschaften, um rechtzeitig notwendige Korrekturmaßnahmen für Entwürfe und Planungen einzuleiten (LINDEMANN & BERNARD 1996, LINDEMANN & STETTER 1998).

Bild 33 zeigt die Zieldimensionen, die in einem integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß zu berücksichtigen sind.

Die „**prozeßbezogene“ Zieldimension** (Zieldimension I) bezieht sich dabei auf die Prozeßqualität, mit der der eigentliche Entwicklungs- und Planungsprozeß durchgeführt wird. Bewertungskriterien hierfür können beispielsweise die Entwicklungsdauer, die Anzahl der Iterationsschleifen oder die Prozeßkosten für die Entwicklungs- und Planungsaktivitäten sein.

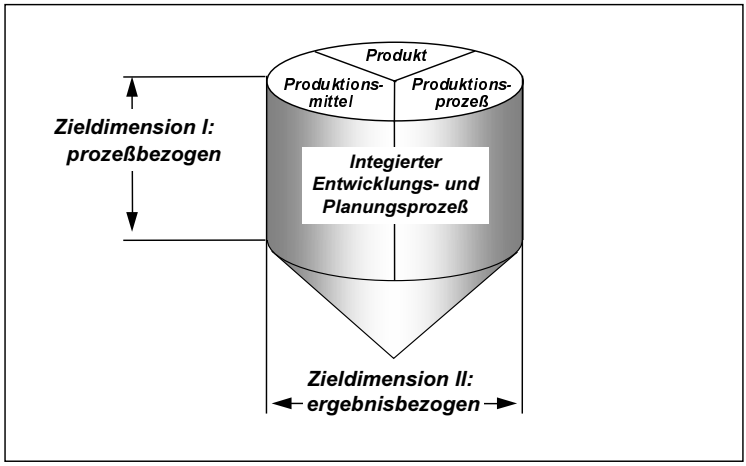


Bild 33: Prozeßbezogene und ergebnisbezogene Zieldimension

Die „**ergebnisbezogene“ Zieldimension** (Zieldimension II) bezieht sich auf die Qualität der Entwicklungsergebnisse, also auf das Produkt, den Produktionsprozeß und die Produktionsmittel. Produktbezogene Ziele können beispielsweise die Erfüllung von Funktionsanforderungen wie z.B. Gewicht, prozeßbezogene z.B. das Erreichen vorgegebener Taktzeiten in Fertigung und Montage sein. Als Beispiel für ein produktionsmittelbezogenes Ziel kann die gewünschte technische Verfügbarkeit eines Produktionssystems genannt werden. Diese auf die Basisobjekte bezogene Zieldimension wird deshalb im Fortgang auch als „**objektbezogen**“ bezeichnet.

Für das weitere Vorgehen wird auf folgende Zieldefinition zurückgegriffen:

Definition:

*Ein **Merkmal** eines Produktes oder Prozesses wird zum **Ziel** (im Sinne einer Anforderung), wenn ein **Zielwert oder Zielkorridor qualitativ** oder **quantitativ** festgelegt wird.*

5.3.1 Prozeßbezogene Zieldimension

Im ersten Schritt sind die prozeßbezogenen, auf den integrierten Entwicklungs- und Planungsvorgang ausgerichteten Ziele zu definieren, die insbesondere die

Prozeßeffizienz wiedergeben. Prozeßbezogene Ziele können beispielsweise die Entwicklungsdauer oder die Entwicklungskosten sein, die durch die Personal- und Ressourcenaufwände im Laufe der integrierten Produkt- und Prozeßentwicklung entstehen.

Zur Operationalisierung der prozeßbezogenen Zieldimension eignen sich Kennzahlen als Bewertungs- und Überwachungsinstrument, die sowohl während der Planung als auch während der Ausführung zur Anwendung kommen (s. Bild 34, in Anlehnung an SCHÖNHEIT & LACKNER 1995):

Kennzahlen Zeit

Termin Eingangszustand → *Zeitverbrauch* (*wertgenerierend*, *wartend*) → *Termin Ausgangszustand*

- **Zeitverbrauch (wertgenerierend)**
  = (Termin Ausgangszustand - Termin Eingangszustand) * Zeitfaktor

  Zeitfaktor = Bearbeitungszeit / (Bearbeitungszeit + Wartezeit)

- **Zeitverbrauch (wartend)**
  = (Termin Ausgangszustand - Termin Eingangszustand) - Zeitverbrauch (wertgenerierend)

Kennzahlen Kosten

0 → *Finanzmittelverbrauch* (*Personal*, *Hardware*, *Software*, *sonstige*) → *Kosten Ausgangszustand*

- **Kosten (Personal)**
  = Summe $_{\text{aller Projektbeteiligten}}$ (Arbeitszeit * Gehalt/Arbeitszeit)

- **Kosten (Hardware)**
  = Summe aller Hardwarekosten (Anschaffungskosten, Wartung, Reparatur, Wertminderung, Kapitalbindungskosten etc.) / Gesamtlebensdauer * Nutzungszeit

- **Kosten (Software)**
  = Summe aller Softwarekosten (Anschaffungskosten, Lizenzgebühren, Wartung, Wertminderung, Kapitalbindungskosten etc.) / Gesamtlebensdauer * Nutzungszeit

Kennzahl Flexibilität

→ *Reaktionsvermögen auf Störgrößen (inhaltlich, zeitlich)*

- **Flexibilität** $= \dfrac{\text{Anzahl Planalternativen}}{\varnothing\,\text{Anzahl Planalternativen}} \times \dfrac{\text{relativer zeitlicher “Spielraum”}}{\varnothing\,\text{relativer zeitlicher “Spielraum”}}$

Kennzahl Ressourcen

- **Ressourcennutzungsgrad** $= \dfrac{\text{genutzte Ressourcen (HW, SW, Personal)}}{\text{verplante Ressourcen (HW, SW, Personal)}}$

- **Ressourcenverfügbarkeit** $= \dfrac{\text{verfügbare Ressourcen (HW, SW, Personal)}}{\text{geplante Ressourcen (HW, SW, Personal)}}$

Bild 34: Kennzahlen für die prozeßbezogene Zieldimension

5.3.2 Objektbezogene Zieldimension

Im nächsten Schritt müssen die ergebnisbezogenen Ziele der Basisobjekte Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel identifiziert werden.

Bild 35 zeigt schematisch die Aufgliederung und Integration der im Pflichtenheft enthaltenen Produktziele in die hierarchische Erzeugnisstruktur am Beispiel eines Fahrzeuges.

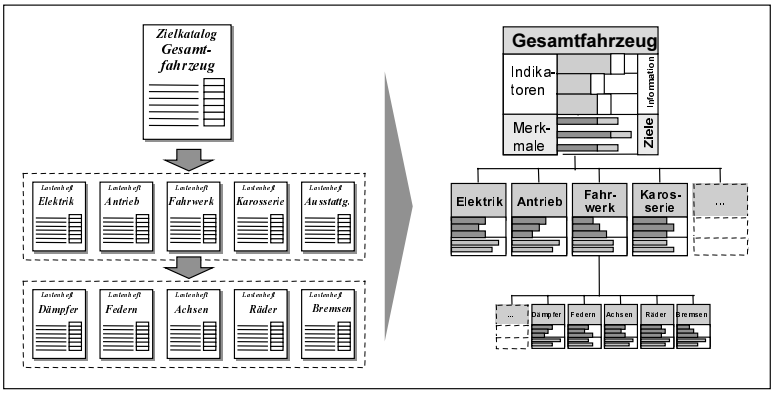


Bild 35: Integration der Ziele in die Produktstruktur (Beispiel Fahrzeug)

Basierend auf dieser Zielestruktur ist zu ermitteln, wie diese Produkt-, Produktionsprozeß- und Produktionsmittelziele systematisch bewertet werden können.

- Qualitative Bewertung einer Produkteigenschaft:

Bei einer qualitativen Zielbewertung ist einem Kriterium kein numerischer Wert als Ausprägung zuzuordnen, dennoch wird versucht, ein Produkt- oder Prozeßmerkmal in vordefinierte Merkmalsklassen einzuordnen.

Qualitative Produktziele																
Steuerdaten	Produkt		Zielerfüllung													
	Variante	Version	Merkmal	Zielkorridor		Bewertungsindex Istzustand										Aussage-sicherheit
				min.	max.	nicht erfüllt							erfüllt			
	Gesamtfzg.	1	Komfort	Vorgänger-modell		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	0% / 100%
	…	…				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Bild 36: Qualitative Bewertung von Produktzielen (Beispiel „Komfort“)

In diesem Beispiel wird das Produktmerkmal „*Komfort*“ bzgl. seiner Zielerreichung bewertet. Als Bewertungsindex wird hierbei eine zehnstufige Skala herangezogen, wobei jeder Skalenstufe eine klare Definition zugrunde liegen muß, um bereichsübergreifend einen einheitlichen Standard zu etablieren. Zusätzlich ist als Ergänzung relevant, mit welcher Sicherheit diese Aussage bezüglich der Zielerfüllung getroffen werden kann. Diese Aussagesicherheit hängt maßgeblich davon ab, mit welcher Methode (z.B. Berechnung, Simulation, Hardware-Versuch) diese Merkmalsausprägung ermittelt worden ist (EHRLENSPIEL 1995).

Erläuterungen:

- Bewertungsskala

Eine denkbare Lösung für eine **qualitative** Bewertungsskala ist eine Zahlenfolge von 1 bis 10 („*unzumutbar*“ bis „*exzellent*“). Sie bietet eine große Bandbreite zur Beurteilung der Zielerreichung und kann Fortschritte geeignet abbilden.

Das Ziel gilt z.B. ab einem Wert von 8 als erfüllt im Sinne der Zielvorgabe. Man spricht auch von einer **„Freizeichnung“** oder **„Freigabe“** der Eigenschaft.

- Sicherheit der Aussage

Gleichzeitig ist eine Beurteilung zu treffen über die Sicherheit der Aussage, die aufgrund unreifer Daten und möglicher Änderungen ein gewisses Risikopotential beinhaltet. Idealerweise wird hierfür ein kontinuierlicher Prozentsatz angegeben, der allerdings aufgrund unterschiedlicher Auffassungen und Einschätzungen bei den Anwendern für Inkonsistenzen sorgen kann. Daher sind sowohl für das Produkt wie auch für die Produktionsmittel und den Produktionsprozeß diskrete Stufen empfehlenswert.

- **Qualitative Bewertung einer Produktionsprozeßeigenschaft**

Auch produktionsbezogene Zielmerkmale können zum Teil nur qualitativ erfaßt werden, wie am Beispiel „Ergonomische Werkerhaltung“ für einen manuellen Montagevorgang verdeutlicht werden kann (s. Bild 37). Dies gilt insbesondere bei Merkmalen, bei denen die subjektive, persönliche Bewertung des Menschen eine große Rolle spielt.

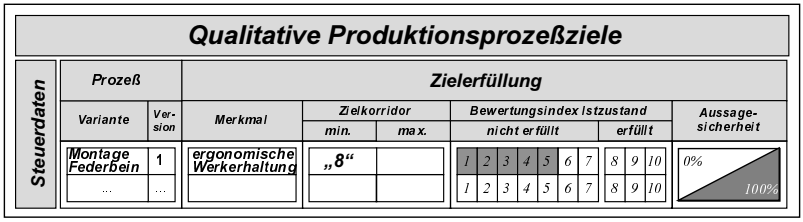


Bild 37: Qualitative Bewertung von Produktionsprozeßzielen (Beispiel „Ergonomische Werkerhaltung“)

- **Quantitative Bewertung eines Produktmerkmals**

Häufig ist man allerdings nicht auf eine qualitative Bewertungsskala angewiesen, sondern viele Produkt- und Produktionseigenschaften können objektiv quantitativ bewertet werden. Am Beispiel der „Physikalischen Steifigkeit“ einer Fahrzeugkomponente wird deutlich, dass sich hierfür ein numerischer Wert sowohl über eine Softwaresimulation als auch durch einen Hardwareversuch eindeutig ermitteln läßt (vgl. Bild 38). Gleiches gilt für die Ermittlung und Klassifikation quantitativer Produktionsprozeß- und Produktionsmittelziele.

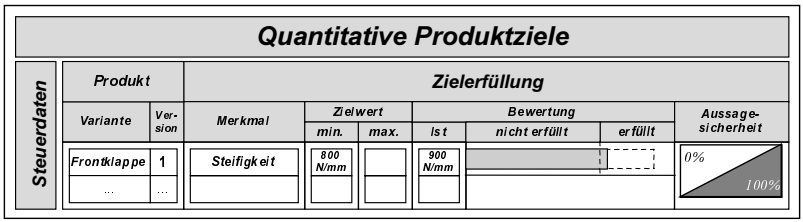


Bild 38: Quantitative Bewertung von Produktzielen (Beispiel „Steifigkeit“)

Sind die objektbezogenen Ziele definiert, müssen sie in die Prozessbausteine integriert werden.

5.3.3 Integration der Zieldimensionen in den Prozeßbaustein

Die prozeßbezogene und objektbezogene Zieldimension stehen häufig in Konflikt zueinander, weshalb bei Zielkonflikten im Einzelfall zu entscheiden ist, welcher Kategorie die höhere Priorität beizumessen ist. Ein häufiger Zielkonflikt im Laufe von Entwicklungsprojekten ist beispielsweise, daß die zur Verfügung stehende Entwicklungsdauer nicht mehr ausreicht, um die noch erforderlichen Produkt- und Prozeßanalysen durchzuführen, oder daß das vorgesehene Entwicklungsbudget bereits ausgeschöpft ist, aber unerwartete technische Probleme bei der Realisierbarkeit von Produkt und Produktion auftreten.

Die systemimmanente Vernetzung von prozeßbezogener und objektbezogener Zieldimension muß deshalb als wesentlicher Bestandteil des Prozeßmanagements berücksichtigt werden. Diese Integration kann durch die Messung der sogenannten „Wertschöpfung“ im Prozeß erreicht werden. Die Wertschöpfung wird hier definiert als „zielorientierter Wertzuwachs der Entwicklungsobjekte bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Prozeßeffizienz“. Auf diese Weise wird es ermöglicht, die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen prozeßbezogenen und objektbezogenen Zielen abzubilden.

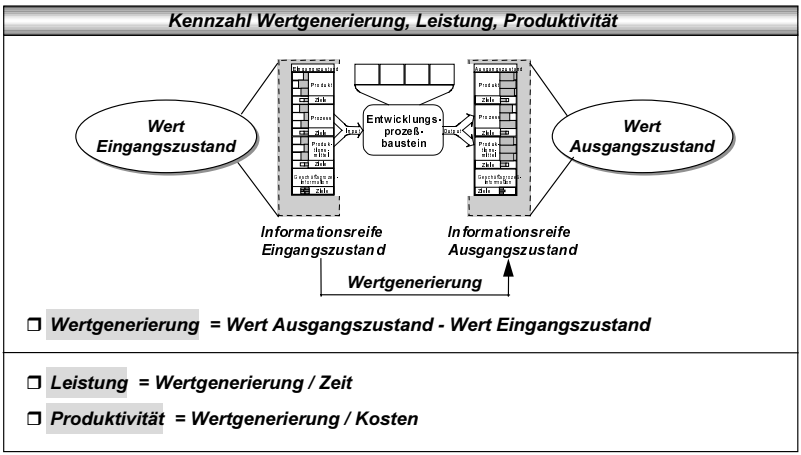


Bild 39: Ermittlung der Wertschöpfung

Kennzahlen, die beide Dimensionen berücksichtigen, sind beispielsweise die *Leistung* und *Produktivität* des Prozesses (vgl. Bild 39). Für die Quantifizierung des Wertzuwachses ist es notwendig, die Differenz zwischen Ausgangs- und Eingangszustand bei den Reifegradindikatoren sowie den Objektzielen bezogen auf die geplanten Vorgabezeiten und –kosten zu ermitteln.

Integriert man die prozeßbezogenen und objektbezogenen Ziele in den Geschäftsprozeß, so ergibt sich folgender erweiterter Inhalt der Bausteine (s. Bild 40):

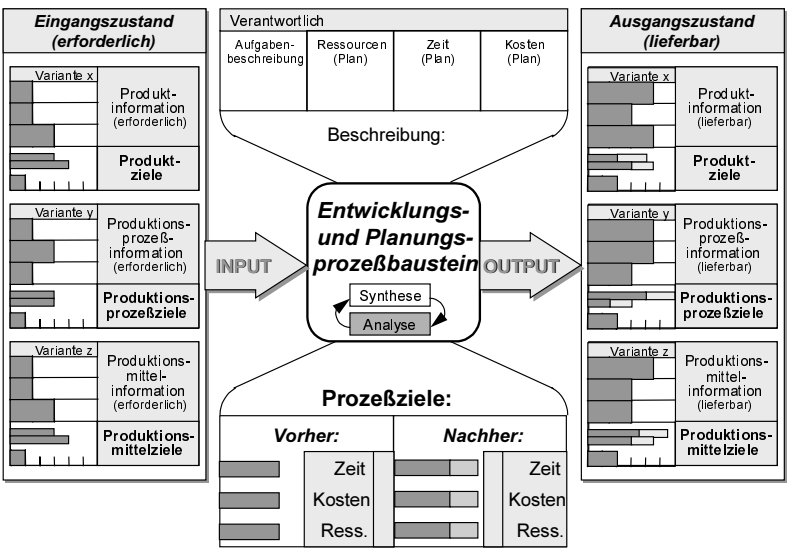


Bild 40: Um Ziele erweiterter Geschäftsprozeßbaustein

In Anbetracht des angestrebten Ansatzes nimmt die hier vorgeschlagene Zielesystematik mit der Integration prozeßbezogener und objektbezogener Kriterien in die Prozeßbausteine eine elementare Rolle für die adaptive, zielorientierte Planung und Steuerung der Geschäftsprozesse ein.

Im folgenden Kapitel wird aufgezeigt, wie ausgehend von der objekt- und prozeßbezogenen Zieldimension der Einsatz von CA-Methoden zur Verfolgung einer DMU-Strategie in die Prozeßbausteine integriert werden kann.

5.4 Integration des CA-Einsatzes in die Prozeßbausteine

Die frühzeitige Validierung der Entwicklungs- und Planungsergebnisse durch rechnergestützte Prototypen erfordert zwingend den intensiven und effizienten Einsatz innovativer CA-Methoden, mit deren Hilfe die Lösungskonzepte des Produktes wie auch der Produktion frühzeitig rechnergestützt gestaltet und abgesichert werden können.

Um den Einsatz von CA-Methoden effizient zu gestalten, bedarf es einer konzeptionellen Vorgehensweise, die basierend auf einer genauen Zielvorstellung die Auswahl geeigneter rechnergestützter Entwicklungs- und Planungsmethoden sowie deren Integration in den zeitlichen Ablauf mit Hilfe der Prozeßbausteine gewährleistet.

5.4.1 Überblick über CA-Methoden

Aus der großen Bandbreite existierender CA-Methoden mit den zugehörigen Softwarewerkzeugen ist eine Auswahl geeignet erscheinender Technologien zu treffen. Einen Überblick über rechnergestützte Verfahren zur Produktentwicklung und Prozeßplanung gibt folgendes Bild:

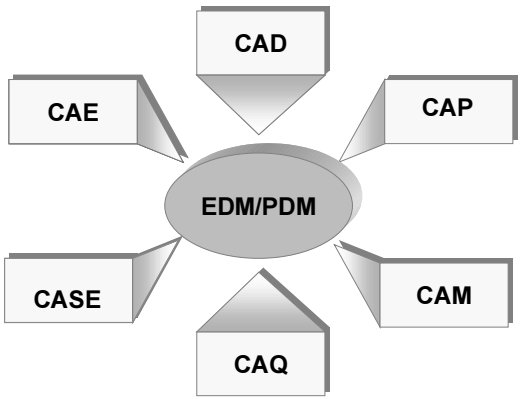


Bild 41: CA-Technologien für Entwicklung und Planung (vgl. ABELN 1993)

Im folgenden werden kurz die verwendeten Begriffe erläutert:

- CAD = Computer Aided Design:

CAD umfaßt sämtliche Aktivitäten, bei denen die EDV direkt oder indirekt im Rahmen von Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten zur Erzeugung und Verarbeitung von Geometrieinformationen und damit assoziierten alphanumerischen Daten eingesetzt wird.

- CAE = Computer Aided Engineering:

Der aus dem englischsprachigen Raum kommende Begriff CAE ist mit unterschiedlichen Bedeutungen belegt (vgl. ABELN 1993, S. 39). Ursprünglich umfaßte der Begriff in erster Linie den rechnergestützten Einsatz in der Entwicklung und Konstruktion von elektrotechnischen Produkten. Im deutschen Sprachraum wird mit dem Begriff CAE aber vor allem der Einsatz von Rechnerwerkzeugen zur funktionalen Absicherung und Berechnung von technischen Produkten mit Berechnungs- und Simulationswerkzeugen assoziiert.

- CASE = Computer Aided Software Engineering:

CASE umfaßt Systeme und Hilfsmittel zur rechnergestützten Entwicklung von Software-Programmen.

- CAP = Computer Aided Planning:

Dieser Begriff faßt die EDV-Unterstützung bei der Produktionsprozeß- und Produktionssystemplanung zusammen. Dazu zählen die Arbeitsfolgenplanung, die Betriebsmittelauswahl, Arbeitsplanerstellung, NC-Programmierung, etc.

- CAM = Computer Aided Manufacturing:

CAM dient als Sammelbegriff für die gesamte produktionsnahe Rechnerunterstützung. Wichtig ist hierbei vor allem die Verknüpfung mit CAD- und CAP-Werkzeugen im rechnergestützten Entwicklungs- und Planungsprozeß, um die Durchgängigkeit zwischen Planung und realer Produktion zu gewährleisten.

- CAQ = Computer Aided Quality Assurance

Unter CAQ werden alle rechnergestützten qualitätssichernden Maßnahmen im Rahmen des Produkterstelllungsprozesses zusammengefaßt.

- EDM = Engineering Data Management, PDM = Product Data Management

Diese beiden Begriffe werden häufig als Synonym verwendet (vgl. Kap. 5.2.4.1). EDM- bzw. PDM-Systeme dienen der strukturierten Ablage und Verwaltung aller im Laufe des Produktentstehungsprozesses generierten Produkt- und Produktionsdaten.

Die dargestellten CA-Technologien bilden die Basis für die spätere Auswahl und konkrete Einordnung einzelner Technologien in den integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß.

5.4.2 Vorgehen zur CA-Integration in die Prozeßbausteine

Für die ablauftechnische Zuordnung konkreter CA-Methoden zu einzelnen Prozeßbausteinen im integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß sind verfügbarkeits-, effizienz- und qualitätsbezogene Kriterien ausschlaggebend. Sie bestimmen den frühest möglichen Zeitpunkt, zu dem einzelne Methoden und Werkzeuge mit vertretbarem Aufwand und der erforderlichen Ergebnisqualität eingesetzt werden können. Dabei spielt es eine wichtige Rolle, im Unternehmen die organisatorischen, personellen und informationstechnischen Voraussetzungen zu schaffen, um Vorteile eines DMU überhaupt erst erschließen zu können.

Die Zuordnung von CA-Methoden zu einzelnen Prozeßbausteinen setzt sowohl eine genaue Kenntnis des Geschäftsprozesses als auch der verfügbaren CA-Technologien voraus.

Dafür sind im ersten Schritt die objektbezogenen Anforderungen (s. Kap. 5.3.2) an das zu entwickelnde Produkt wie auch die zu planende Produktion im Sinne eines Pflichtenheftes zu ermitteln. Im zweiten Schritt ist eine Systematik über CA-Methoden zu erstellen, mit denen sich die im Pflichtenheft definierten Eigenschaften von Produkt und Prozeß rechnergestützt verifizieren lassen.

Aus dem Abgleich dieses Anforderungsprofils mit verfügbaren Methoden und Werkzeugen sind konkrete Einsatzstrategien abzuleiten, wann und wie ausgewählte Verfahren operativ über die Prozeßbausteine in einen rechnergestützten Entwicklungs- und Planungsprozeß integriert werden können (s. Bild 42):

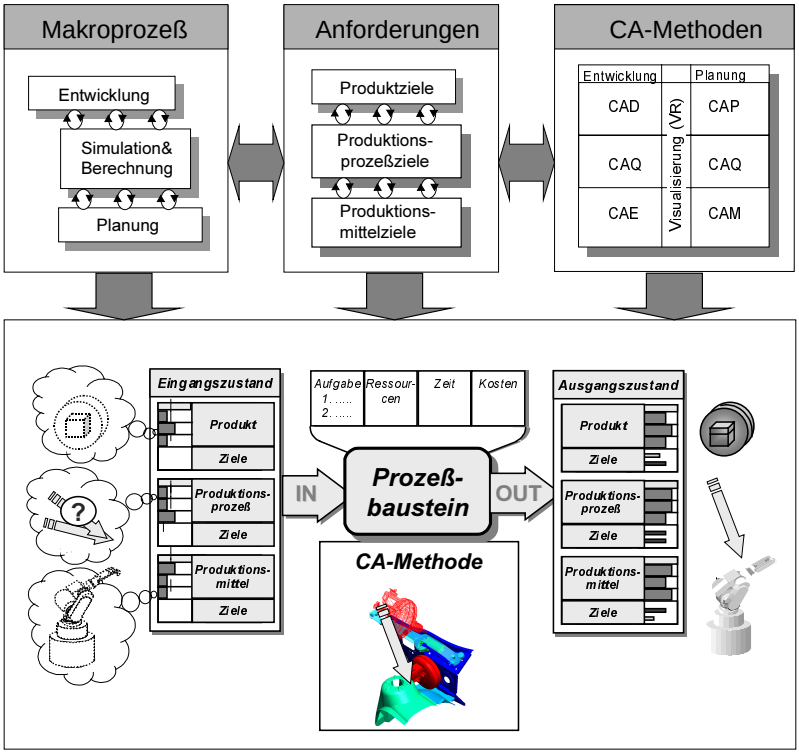


Bild 42: Vorgehensweise zur Prozeßintegration der CA-Methoden

Im weiteren sind sowohl die objektbezogenen als auch prozeßbezogenen Anforderungen an die Systeme weiter zu spezifizieren und deren Einordnung in die Prozeßkette vorzunehmen. Der Bewertung des Einsatzes dieser CA-Werkzeuge muß die Erarbeitung einer individuellen Einsatzstrategie folgen.

5.4.3 Definition der objektbezogenen Ziele

Um eine gezielte Auswahl der CA-Methoden treffen zu können, muß eine objektbezogene Anforderungsstruktur, wie sie in Bild 43 dargestellt ist, erarbeitet und eine Einordnung dieser Anforderungen in die Prozeßkette vorgenommen werden (vgl. objektbezogene Zieldimension Kap. 5.3.2).

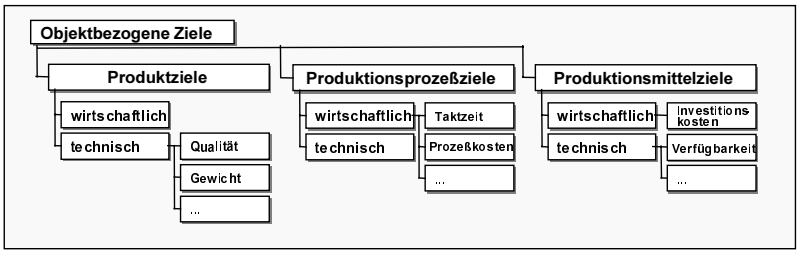


Bild 43: Objektbezogenes Anforderungsprofil (Ausschnitt)

Um die einzelnen Anforderungen möglichst effizient umsetzen zu können, kommen unterschiedliche, auf die jeweiligen Kriterien abgestimmte CA-Methoden generell in Frage. Dies reicht allerdings für eine CA-Integration alleine noch nicht aus, sondern es sind weitere Kriterien in die Bewertung miteinzubeziehen.

5.4.4 Einordnung in die Prozeßkette

Bild 44: Kriterien für den Einsatz einzelner Methoden und Systeme

Die ausgewählten CA-Methoden sind im nächsten Schritt nach den in Bild 44 dargestellten Kriterien auf ihre Einsatztauglichkeit in der Prozeßkette hin zu bewerten. Dabei sind die unterschiedlichen Sichten der beteiligten Anwender bei der generellen Auswahl einzelner CA-Methoden und -Werkzeuge in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen:

- Die Eignung einer Methode ist dabei im wesentlichen davon abhängig, ob sie objektive Aussagen zu den im Anforderungsprofil abzusichernden Eigenschaften des Produktes oder Produktionsprozesses zuläßt. Dabei gelten die in 5.3.2 definierten Anforderungen bezüglich **Objektivierbarkeit**, **Verfügbarkeit** und **Aussagesicherheit** (s. Bild 45).

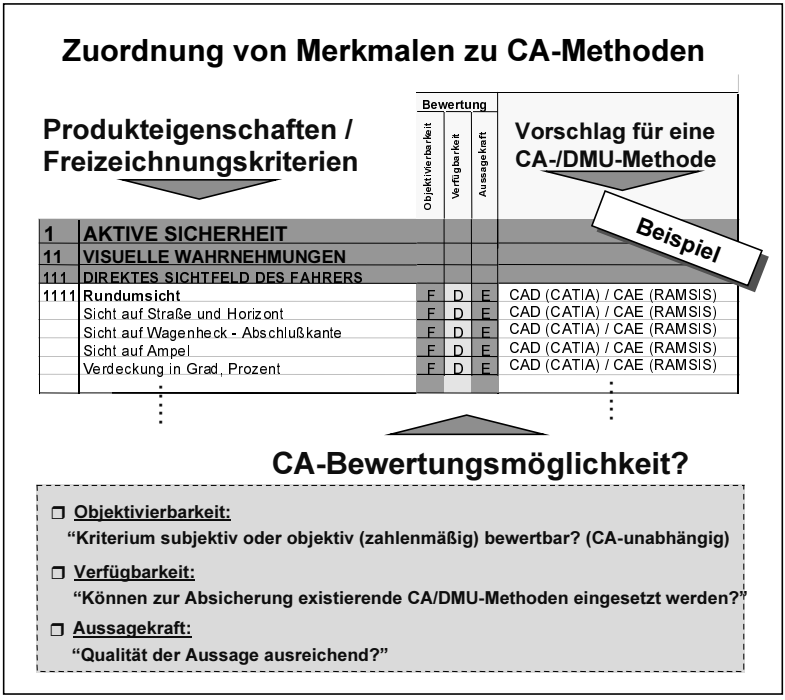


Bild 45: Zuordnung von CA-Methoden zu Produkt-/Prozeßeigenschaften

- Ein ergänzendes Kriterium hierzu stellt die **Vollständigkeit** dar. Für die Realisierung einer DMU-Strategie muß es Ziel sein, daß möglichst viele

Anforderungen an Produkt und Produktion mit rechnergestützten Methoden in ausreichender Qualität verfizierbar sind. Kann dies mit den verfügbaren CA-Methoden nicht gewährleistet werden, so sind Ausweichstrategien auf alternative Verfahren, wie z.B. Hardeware-Experimente, festzulegen.

- Die ablauforientierte Einordnung einzelner CA-Methoden in den integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß ist vor allem vom **Verfügbarkeitszeitpunkt** der **Eingangs- und Ausgangsdaten** in den jeweiligen Entwicklungsphasen abhängig. Dabei ist zu überprüfen, ob die für die Anwendung der jeweiligen Methode erforderlichen Daten auf Basis digitaler Modelle von Produkt und Produktionsprozeß in der erforderlichen **Qualität** und **Format** vorliegen oder generierbar sind (vgl. „Statische Indikatoren“ der Basisobjekte, Kap. 5.2.4).
- Dieses Kriterium hängt unmittelbar mit dem **Aufwand/Nutzen-Verhältnis** zusammen. Einerseits Aufwand für die Erstellung der digitalen Prototypen und die Durchführung der vorgesehenen Analysen, andererseits Nutzen durch die frühzeitigere und kostengünstigere Verfügbarkeit hochqualitativer Aussagen über das Verhalten von Produkt und Produktion. Hierfür sind die im Rahmen der „prozeßbezogenen“ Zieldimension (vgl. Kap. 5.3.1) aufgestellten Effizienzkriterien ausschlaggebend.
- Häufig stellt die **technische** und **organisatorische Verfügbarkeit** einzelner Methoden und Systeme den Engpaß in der Prozeßkette dar.
- Daneben spielt die **IT-Strategie** im Unternehmen bei der Auswahl einzelner Systeme eine wichtige Rolle (z.B.: Werden interne Standards für einzelne CA-Werkzeuge vorgegeben, um die Heterogenität und Komplexität der Softwarelandschaft einzugrenzen).
- Nicht zuletzt muß der **Einführungsaufwand** neuer Methoden und Systeme abgeschätzt werden, der mit der Anschaffung der Systeme, der Schulung der Mitarbeiter und dem Betrieb der Systeme verbunden ist.

Die Auswahl und die Einführung einzelner Methoden und Systeme muß deshalb in eigenen Projekten begleitend zu den eigentlichen Entwicklungsprojekten geplant und umgesetzt werden.

Die um die Zielorientierung und den CA-Einsatz erweiterten Prozeßbausteine bilden die Basis für das im folgenden Kapitel zu definierende Prozeßmanagement von integrierten, rechnergestützten Entwicklungs- und Planungsprozessen.

6 Entwicklung der Planungs- und Steuerungsmethodik

In diesem Kapitel wird eine systematische Vorgehensweise zur adaptiven Planung und Steuerung integrierter, rechnerunterstützter Entwicklungs- und Planungsprozesse hergeleitet. Dazu werden im ersten Schritt ein Vorgehensmodell definiert und im Anschluß die einzelnen Vorgehensschritte inhaltlich konkretisiert und methodisch ausgearbeitet. Das Vorgehensmodell baut dabei systematisch auf den im vorangegangenen Kapitel hergeleiteten Lösungsmerkmalen (vgl. Kap. 5.1) und Modellierungskonstrukten (vgl. Kap. 5.2) auf.

6.1 Vorgehensmodell für das Geschäftsprozeßmanagement

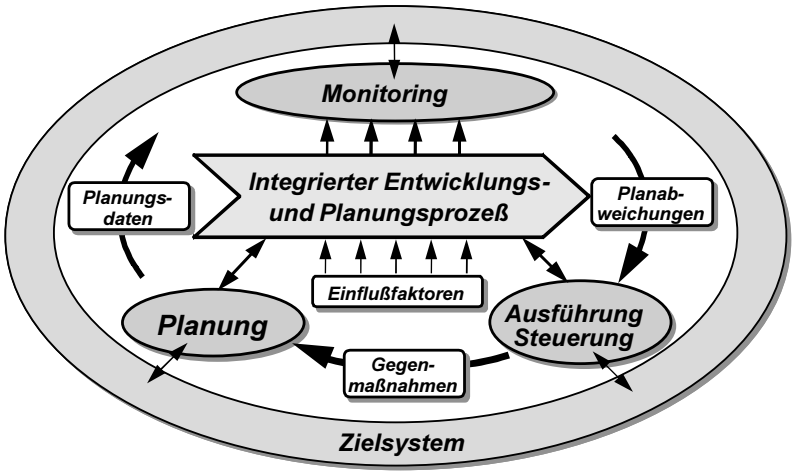


Bild 46: Vorgehensmodell für das Geschäftsprozeßmanagement

Der Anwendungsschwerpunkt des Vorgehensmodells liegt dabei nicht auf einer einmaligen Optimierung der Entwicklungs- und Planungsprozesse, wie sie beispielsweise im Reengineering oder der Geschäftsprozeßoptimierung vor allem gefordert wird (SERVATIUS 1995, NIPPA & PICOT 1996, GOLDSTEIN & MURR 1997), sondern auf einer methodischen Unterstützung bei der operativen Geschäfts-

prozeßplanung und -steuerung durch die Entwicklungsverantwortlichen. Mit Hilfe der integrierten Zielorientierung ist allerdings auch die Abbildung von Rationalisierungs- oder Optimierungsvorhaben a priori in der Methodik berücksichtigt.

Die wesentlichen Elemente des Vorgehensmodells sind

- eine Planungskomponente,
- eine Steuerungskomponente sowie
- eine Monitoringkomponente.

Die *Planungskomponente* beinhaltet die Definition und Analyse des geplanten „Referenz-Prozesses“ für konkrete Entwicklungsvorhaben. Dazu zählen neben der eigentlichen Struktur- und Ablaufplanung, die Termin-, Kosten- und Ressourcenplanung.

In der *Steuerungskomponente* wird der integrierte Entwicklungs- und Planungsprozeß ausgeführt. Bei erkannten Planabweichungen des Ist- im Vergleich zum Soll-Prozeß werden hier Maßnahmen ermittelt und durchgeführt, die den Prozeß wieder zurück in den Zielekorridor führen.

Die *Monitoringkomponente* ist für die Überwachung des Entwicklungsfortschritts verantwortlich und soll Abweichungen des realen Ist-Prozesses im Vergleich zum geplanten Soll-Prozeß möglichst frühzeitig erkennen und sichtbar machen. Dazu sind Instrumentarien der Visualisierung zu betrachten, die den Prozeßbeteiligten und –verantwortlichen ein möglichst transparentes Bild von Planung und Realität vermitteln.

Den Rahmen für die einzelnen Vorgehenskomponenten des Geschäftsprozeßmanagements bildet das im vorherigen Kapitel abgeleitete Zielsystem. Die Ziele dienen als Leitgrößen sowohl für die Prozeßeffizienz als auch für die Prozeßergebnisse und müssen in Dimension und Ausprägung fallspezifisch ermittelt werden. Anforderung im Sinne der geforderten Reaktionsfähigkeit ist, daß Entwicklungsziele im Laufe des Entwicklungs- und Planungsprozesses aufgrund neuer Anforderungen oder ihrer Nichterreichbarkeit im Sinne von „Moving Targets“ dynamisch angepaßt werden können (REFA 1995).

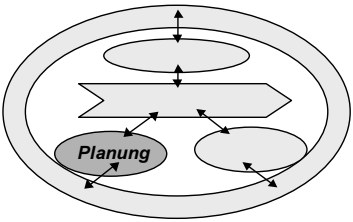
Im Rahmen des Vorgehensmodells werden die einzelnen Komponenten in Form eines Regelkreises zyklisch durchlaufen, so daß Zielabweichungen bzw. -änderungen möglichst früh erkannt und behoben werden können.

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Bausteine des Prozeßmanagements konkretisiert und zu einer durchgängigen Vorgehensweise mit einzelnen Methodenbausteinen konfiguriert.

Die folgenden Abschnitte beinhalten damit im einzelnen:

- Konzeptentwicklung für eine **modellgestützte Geschäftsprozeßplanung**
- Konzeptentwicklung für eine **modellgestützte Geschäftsprozeßsteuerung**
- Ableitung von **Monitoring- und Visualisierungsmethoden** für das Controlling des Prozeßfortschritts

6.2 Entwicklung der Planungskomponente



Die Planungskomponente dient sowohl der Schaffung von Prozeßstrukturtransparenz als auch Prozeßleistungstransparenz:

Prozeßstrukturtransparenz:

„Die Prozeßstrukturtransparenz erstreckt sich auf die Zusammenhänge prozessualer Leistungserstellung, indem die einzelnen Prozeßschritte und deren Verknüpfung aufgezeigt werden. Prozeßstrukturtransparenz beruht im wesentlichen auf der Visualisierung der Leistungsinterdependenzen. Prozeßstrukturtransparenz bedeutet, ein klares Bild von den Input-/Outputbeziehungen und der Sequenz der Leistungsbeziehungen zu besitzen. Dieses Wissen trägt verstärkt dazu bei, Problemfelder zu identifizieren.“ (GAITANIDES ET AL. 1994).

Prozeßleistungstransparenz:

„Prozeßleistungstransparenz (prozeßbezogene und objektbezogene Zieldimension) bezieht sich auf die aktuelle Performance hinsichtlich Kundenzufriedenheit, Qualität, Zeit und Kosten des Prozesses. Die Erfassung von Prozeßleistungstransparenz erfolgt mittels Prozeßkennzahlen, die speziell für diesen Zweck zu entwerfen und zu erheben sind. [...] Erstens ist von Interesse, ob die produzierte Leistung den definierten Vorgaben entspricht, was oft mit dem Stichwort ‚conformance to requirements’ belegt wird. Zweitens muß gewährlei-

stet sein, daß die erbrachte Leistung den Kundenanforderungen entspricht, was mit dem Stichwort ‚conformance to customer' belegt wird" (GAITANIDES ET AL. 1994). Beim „Kunden" handelt es sich bei integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen um interne und externe Prozeßkunden, die für die qualitäts-, termin- und kostengerechte Durchführung ihrer Aufgaben auf die Ergebnisse ihrer internen oder externen Prozeßlieferanten angewiesen sind. Zu diesem Zweck müssen interne Leistungsvereinbarungen an definierten Prozeßschnittstellen getroffen werden, die beispielsweise nach der in STRICH (1997) beschriebenen Methode der „Schnittstellenauditierung" ermittelt werden können (s. a. Kap. 4.3.4). Für die Schnittstellenbeschreibung zwischen den Prozeßpartnern können die Indikatoren der Basisobjekte in Verbindung mit den prozeßbezogenen und objektbezogenen Zielen (vgl. Kap. 5.3) zur Leistungsvereinbarung verwendet werden.

In der Planungsphase ist folgender Zyklus iterativ zu durchlaufen, wobei sich die Planungsergebnisse ausgehend von einer Grobplanung hin zu einer Feinplanung immer stärker konkretisieren:

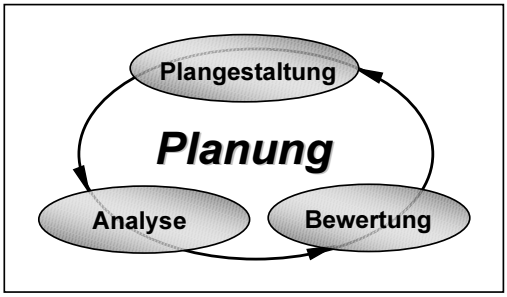


Bild 47: Planungszyklus zwischen Plangestaltung, Analyse und Bewertung

Auch bei der Verfolgung eines dezentralen Planungs- und Steuerungsansatzes (vgl. Lösungselemente Kap. 5.1) kann nicht völlig darauf verzichtet werden, globale Rahmenbedingungen zentral vorzugeben. Dadurch wird sichergestellt, daß auch die dezentralen, lokalen Entwicklungsteams sich an strategischen Unternehmenszielen ausrichten. Beim Planungsvorgehen wird deshalb getrennt in eine ***globale* Grobplanung** und eine ***lokale* Feinplanung**, die sukzessive und iterativ durchlaufen werden.

6.2.1 Globale Grobplanung

Die Grobplanung schafft die Rahmenbedingungen für ein konkret durchzuführendes Entwicklungsvorhaben, wie etwa die Neuentwicklung eines Fahrzeuges. In die Grobplanung müssen die strategischen Markt- und Unternehmensziele einfließen und in operative Projektziele umgesetzt werden.

Die Grobplanung kann nach folgendem Ablaufschema durchgeführt werden (nach BURGHARDT 1995):

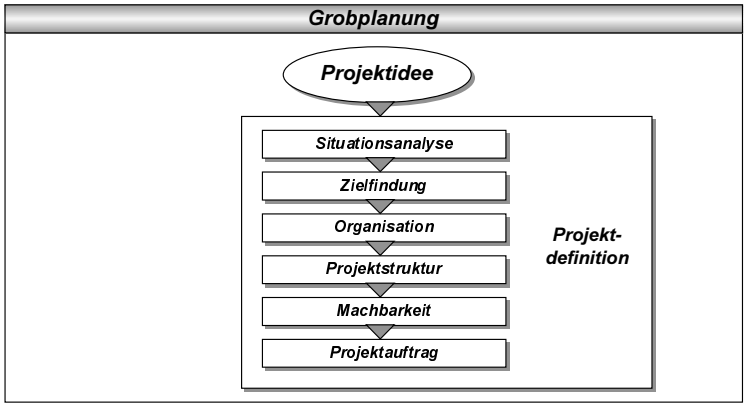


Bild 48: Ausblick der zentralen Grobplanung (BURGHARDT 1995)

Ausgehend von einer Projektidee findet die Projektdefinition statt. Diese umfaßt:

- **Situationsanalyse**
  Im ersten Schritt müssen die Ausgangssituation analysiert werden und die Projektrandbedingungen (z.B. Entscheidung, wann ein neues Produkt auf den Markt kommen soll) geklärt werden.

- **Zielfindung**
  In dieser Phase sind aus strategischen Unternehmenszielen konkrete Projektziele abzuleiten. Diese Ziele betreffen sowohl objektbezogene wie auch prozeßbezogene Aspekte. Zur Operationalisierung von Zielen können z.B. Methoden wie Quality Function Deployment (BLANK 1990, NEUMANN 1996) oder Target Costing (HORVATH 1993) zum Einsatz kommen. Möglichkeiten

zur Durchführung von Zielvereinbarungsprozessen sind beispielsweise in REFA (1995) und KAMPHAUSEN (1999) beschrieben.

- Aufbau einer **Projektorganisation**
  Es werden die zu beteiligenden Organisationseinheiten ermittelt, Projekt- und Teilprojektverantwortliche festgelegt, erste Projektteams aufgesetzt, sowie Formalismen über Entscheidungswege, Dokumentation etc. festgeschrieben.

- **Grobstrukturierung**
  Das Gesamtprojekt wird in Teilprojekte zerlegt, und relevante Eckdaten wie Phasen und Phasenziele werden vorgegeben. Die Phasen beschreiben die globale Terminierung. Sie sollen dabei aber keine starren Prozeßstrukturen vorgeben, sondern lediglich Rahmenbedingungen für eine zielorientierte Planung und Erfolgskontrolle setzen. Die Funktion der Phasenziele im Rahmen der Grobplanung wird im Anschluß noch ausführlicher beschrieben. Die Phasenziele geben den Rahmen für die anschließende **Feinplanung** auf Basis der **Prozeßbausteine** vor.

- **Machbarkeit**
  Es wird der Kapazitätsbedarf für Personal- und Sachressourcen ermittelt und geprüft, welche Ressourcen tatsächlich zur Verfügung stehen. Der Terminrahmen ist auf Plausibilität zu prüfen. Weitere Fragen sind: Wie stellt sich das Nutzen/Aufwand-Verhältnis dar, wie läßt sich die Erfolgswahrscheinlichkeit einschätzen, wie realistisch sind die Ziele etc.?

- **Projektauftrag**
  Sollten die Ergebnisse der Machbarkeitsprüfung positiv ausfallen, kann ein konkreter Projektauftrag erteilt werden.

Zur Funktion der Phasenziele im Rahmen der Grobplanung:

Phasenziele, oder auch Meilensteine, sind ein Hilfsmittel, um die zeitliche Koordination und Synchronisation auch in komplexen, arbeitsteiligen Organisationen, wie sie bei der Entwicklung komplexer Serienprodukte vorliegen, operativ umsetzen zu können (BURGHARDT 1995).

Aus Gründen der Zeitverkürzung und einer dafür notwendigen Parallelisierung der Aufgaben ist es jedoch erforderlich, kein zwanghaftes Synchronisieren am

Phasenende vorzuschreiben, sondern auch ein asynchrones Arbeiten zuzulassen. Damit soll verhindert werden, daß bestimmte Entwicklungsaufgaben auf andere warten, obwohl diese bereits abgeschlossen sind. Andererseits muß es zulässig sein, daß unkritische Teilumfänge über das Ende einzelner Entwicklungsabschnitte hinaus weiter nach hinten gelegt werden können, solange sie nicht auf dem kritischen Pfad liegen.

Operativ umgesetzt werden kann dies über eine Aufspaltung der Meilensteine: Je nach Projektrelevanz des Phasenzieles wird ein zulässiges zeitliches Toleranzfeld um den Meilenstein definiert (s. Bild 49), innerhalb dessen einzelne Entwicklungsaufgaben mit Erreichung der prozeßbezogenen wie objektbezogenen Entwicklungsziele abgeschlossen sein müssen.

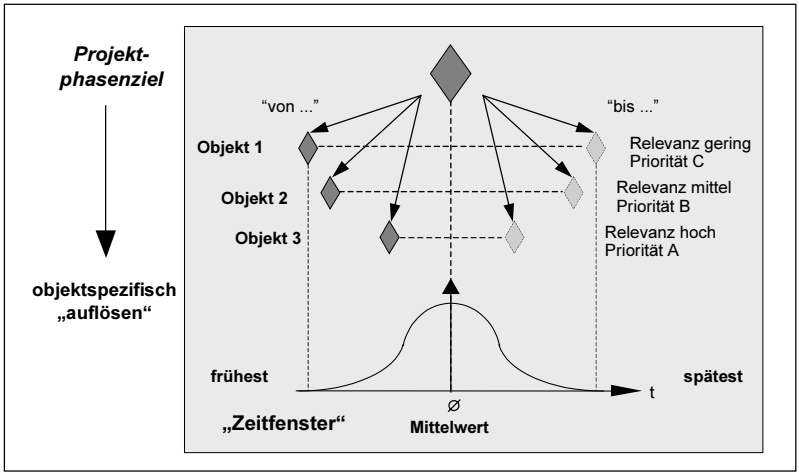


Bild 49: Auflösung eines synchronen Meilensteines in asynchrone Unterziele

Ein Phasenziel beinhaltet dabei sowohl prozeßbezogene (z.B. Termine) als auch objektbezogene Inhalte (Produkt- und Prozeßmerkmale), die mit der geforderten Effizienz erreicht werden müssen.

Am Ende der Grobplanung sind die wesentlichen Phasenziele definiert, Verantwortlichkeiten festgelegt, grobe Aufgabenpakete formuliert und Zeitfenster je nach Projektrelevanz vorgegeben.

6.2.2 Lokale Feinplanung

Die an die Grobplanung anschließende Prozeßfeinplanung richtet sich nach dem in Bild 50 dargestellten Ablaufschema:

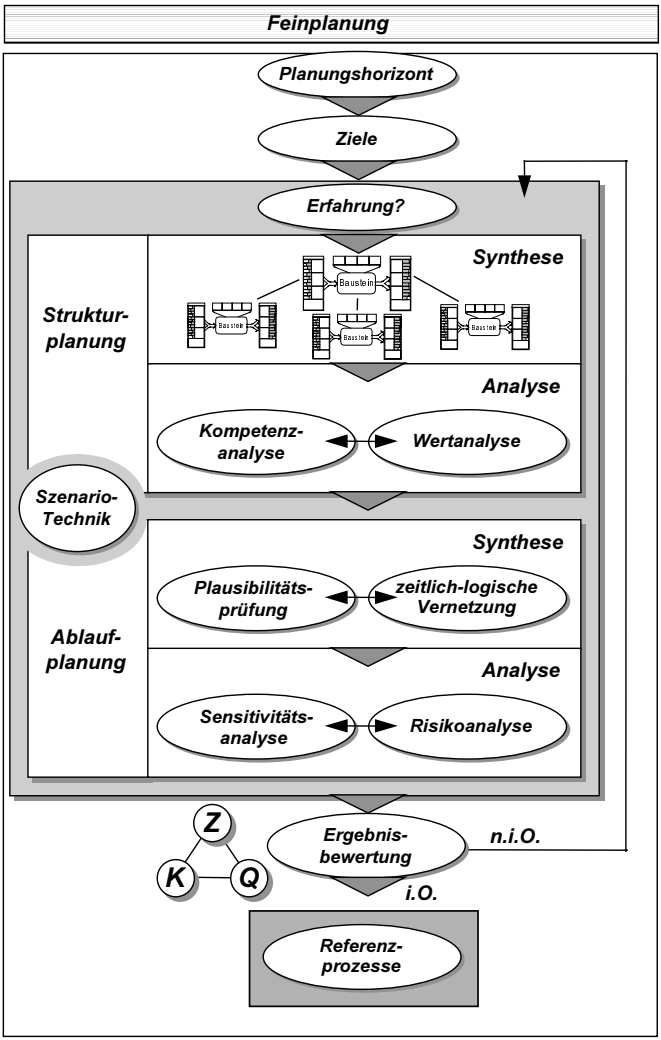


Bild 50: Ablauf der Feinplanung

Eine zentrale Planungsinstanz könnte die Dynamik und Komplexität integrierter Entwicklungs- und Planungsprozesse nicht bewältigen (s. Kap. 4.7). Nur die operativ tätigen Projektteams verfügen über ausreichend lokales Detailwissen für eine realistische Feinplanung und Kenntnisse über Randbedingungen und Schnittstellen zu angrenzenden Aufgabenpaketen.

Die Feinplanung und -steuerung der erforderlichen Aktivitäten sollte demnach **dezentral** von den beteiligten Entwicklungsteams selbst geschehen auf Basis vorgegebener Ziele und Termine (Phasen und Phasenziele).

Gerade im Hinblick auf die zunehmend örtlich und zeitlich verteilten Entwicklungsvorhaben ist das der einzig logische Ansatz. Somit kommt das Konzept auch dem Trend zu einer verteilten Produktentwicklung und Produktionsplanung entgegen.

Daraus folgt, daß alle Projektbeteiligten mit einem einheitlichen Planungsvorgehen vertraut sein müssen und Zugriff auf eine einheitliche Planungsbasis haben müssen.

Die einzelnen Komponenten der Feinplanung (Struktur- und Ablaufplanung) werden in den folgenden Kapiteln ausführlich erläutert.

6.2.2.1 Strukturplanung mit Prozeßbausteinen

Die Strukturplanung beinhaltet die Auflösung der groben Arbeitspakete in Prozeßbausteine sowie deren inhaltliche Konkretisierung. Bei der Identifikation und Spezifikation der Prozeßbausteine soll folgende Handlungsmaxime gelten:

„Kleine Schritte vermeiden große Fehler!“

Kurze Zyklen zwischen Synthese und Analyse von Produkt- und Prozeßeigenschaften mit dem Ziel, die Eigenschaften der Lösungen möglichst frühzeitig und mit wenig Aufwand zu erkennen, sind die Basis für die Planung der notwendigen Entwicklungsaktivitäten. Das System aus alternierenden Synthese- und Analyseprozeßbausteinen läßt sich als Regelkreis mit Rückkopplung abbilden (s. Bild 51). Dieser Regelkreis ist solange zu durchlaufen, bis die Eigenschaften des betrachteten Objektes den definierten Vorgaben (Zielen) entsprechen.

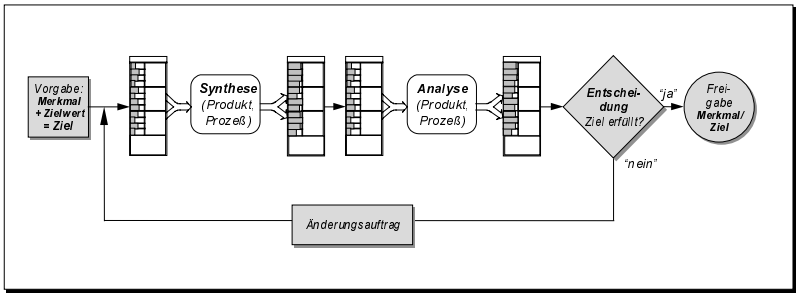


Bild 51: Synthese-Analyse-Zyklus (in Anlehnung an DAENZER & HUBER 1994)

Für die Strukturplanung sind die zur Zielerreichung erforderlichen Prozeßbausteine zu identifizieren und konkret zu definieren:

Die Identifikation und Definition der relevanten Prozeßbausteine müssen dabei konsistent zu den über die Phasen und Meilensteine vorgegebenen Zielen erfolgen. Dabei ist sowohl die objektbezogene als auch die prozeßbezogene Zieldimension zu berücksichtigen:

1. Objektbezogene Zieldimension:

Welche Synthese- und Analyseschritte sind erforderlich, um über die konkret geforderten Ziele von Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel fundierte Aussagen treffen zu können. Für die Identifikation der relevanten Prozeßbausteine können zwei grundsätzlich unterschiedliche Strategien verfolgt werden:

- Vergangenheitsorientiert:
  Es existieren bereits Bausteine aus Vorgängerprojekten, die sich in der Anwendung bewährt haben und nur an die spezifischen Anforderungen des aktuellen Projektes angepaßt werden müssen.
- Innovationsorientiert:
  Es stehen neue Methoden und Verfahren zur Verfügung, die auch grundlegend neue Prozeßbausteine ermöglichen, z.B. Ersatz eines physikalischen Experiments durch ein Simulationsexperiment. Mit diesem Ansatz soll die Erkennung von Objekteigenschaften zeitlich möglichst weit in die frühen Phasen der Produkt- und Prozessplanung vorverlagert werden.

2. Prozeßbezogene Zieldimension:

Die auf die Prozeßeffizienz bezogenen Ziele sind als Randbedingung bei der Definition der Prozeßbausteine zu berücksichtigen. Hier ist die Frage zu beantworten, ob die zuvor identifizierten Prozeßbausteine den termin-, kosten- und ressourcenbezogenen Anforderungen, die gestellt werden, genügen.

Für die dezentrale Definition von Prozeßbausteinen spielt die **Kompetenzorientierung** eine wichtige Rolle (s. Kap. 5.1 Grundbausteine des Lösungsansatzes): Die Entwicklungs- und Planungsteams schätzen ihre Kompetenzen ein und geben an, welche Ziele sie mit welchen Prozeßbausteinen unter welchen Randbedingungen erfüllen könnten. Dabei sind folgende Fragen zu beantworten:

- Auf welche Entwicklungsobjekte (Produkt, Prozeß, Betriebsmittel) in welcher Hierarchiestufe bezieht sich die Aktivität? (Abgrenzung des Untersuchungsbereichs)
- Wer ist für die Durchführung des Prozeßbausteines verantwortlich? Welche Kompetenzen aus unterschiedlichen Unternehmensdisziplinen werden hierfür benötigt?
- Welche Eingangszustände der Entwicklungsobjekte mit den zugehörigen Reifegradindikatoren sind hierfür erforderlich?
- Welche Ausgangszustände der Entwicklungsobjekte mit den entsprechenden Indikatoren kann der Prozeßbaustein als Wertschöpfung generieren?
- Welche und wieviele Personal- und Sachressorcen werden zur Durchführung des geplanten Prozeßbausteins benötigt?
- Welche Methoden und Werkzeuge, insbesondere CA-Methoden für eine rechnerintegrierte Entwicklung und Planung sollen zur Anwendung kommen (vgl. Kap. 5.4)?
- Wie lange würde der Vorgang dauern (Schätzwerte)?
- Welche Prozeßkosten würde der Vorgang verursachen, abgeleitet von der Prozeßdauer und den eingesetzten Ressourcen?

Am Ende der Strukturplanung muß sichergestellt sein, daß alle Prozeßbausteine identifiziert und konfiguriert worden sind, die zur vollständigen, termin-, kosten- und qualitätsgerechten Absicherung der prozeßbezogenen und objektbezogenen Ziele erforderlich sind.

6.2.2.2 Ablaufplanung mit Prozeßbausteinen

Ist die Konfiguration der Prozeßbausteine abgeschlossen, kann mit der eigentlichen Ablaufplanung des integrierten Entwicklungsprozesses begonnen werden.

- **Generierung des Prozeßnetzes:**

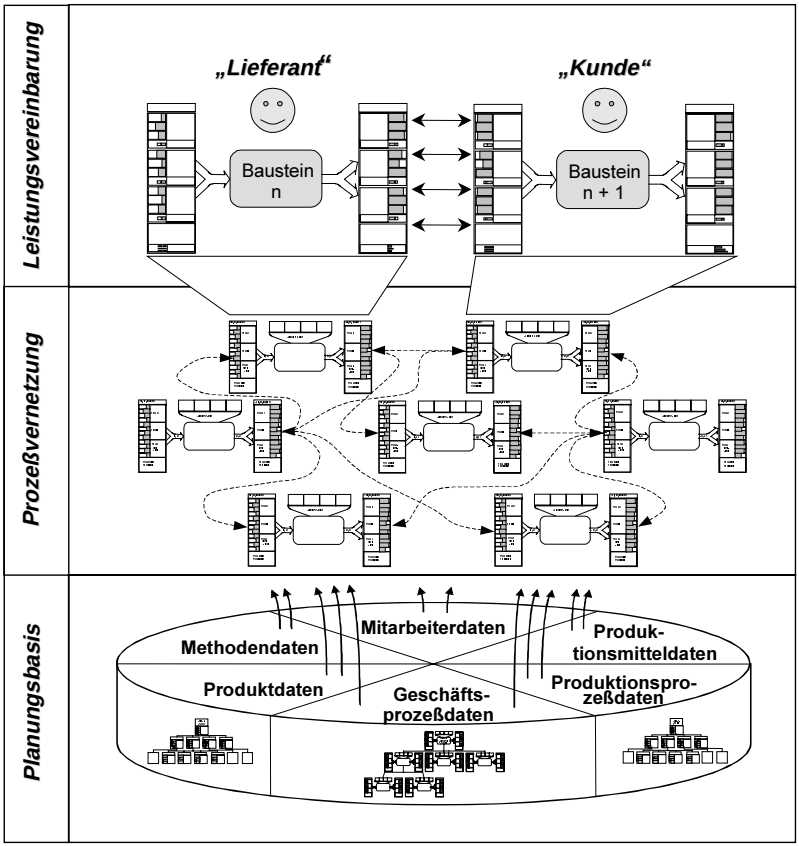


Bild 52: Generierung des Prozeßnetzes

Für eine variable Vernetzung der Prozeßbausteine dienen die bei den Basisobjekten definierten Indikatoren (vgl. Kap. 5.2). Dazu werden die einzelnen Geschäftsprozeßbausteine iterativ durch den Abgleich der Eingangs- und Aus-

gangsprofile zu einem Prozeßnetz zusammengefügt (s. Bild 52). Im einfachsten, aber unwahrscheinlichsten Fall genügen die vorkonfigurierten Bausteine den formalen Übergangsbedingungen an den Schnittstellen. Falls nicht, müssen die Schnittstellen so lange zwischen den Prozeßpartnern im Sinne einer internen Leistungsvereinbarung angepaßt werden, bis die Übergangsbedingungen erfüllbar sind. Auch hier sind als Randbedingung die terminlichen, ressourcen- und kostenorientierten Ziele weiterhin zu berücksichtigen.

Diese sukzessive Vorgehensweise ermöglicht zugleich eine

- **Machbarkeitsprüfung:**
  Sind die Übergangsbedingungen erfüllbar/nicht erfüllbar, sind die Prozeßziele erreichbar/nicht erreichbar?

- **Plausibilitätsprüfung:**
  Herrschen einheitliche oder unterschiedliche Vorstellungen über die Prozeßabläufe/-terminologien?

- **Konsistenzprüfung** der **Informationslogistik:**
  Können die erforderlichen Eingangsdaten (Arbeits- und Steuerdaten) zur Durchführung der einzelnen Bausteine rechtzeitig und in der gewünschten Detaillierung und Qualität zur Verfügung gestellt werden?

- **Erhöhung der Planungszuverlässigkeit:**
  Die Planungsunsicherheit nimmt mit dem Zeitverlauf exponentiell zu. Um dem entgegenzuwirken, wird eine Kombination aus Rückwärts- und Vorwärtsterminierung über den vorgesehenen Planungszeitraum empfohlen (s. Bild 53).

Dadurch können zusätzlich zeitliche Puffer zwischen einzelnen Prozeßschritten identifiziert und eine Einstufung von Vorgangsstart und -ende in „frühest möglich“ bis „spätestens erforderlich“ für jeden Geschäftsprozeßbaustein erreicht werden. Darüber hinaus werden terminliche Eingriffsgrenzen festgelegt, die bei einer Gefährdung der prognostizierten Ziele entsprechende Warnsignale im Rahmen des Monitoring auslösen sollen.

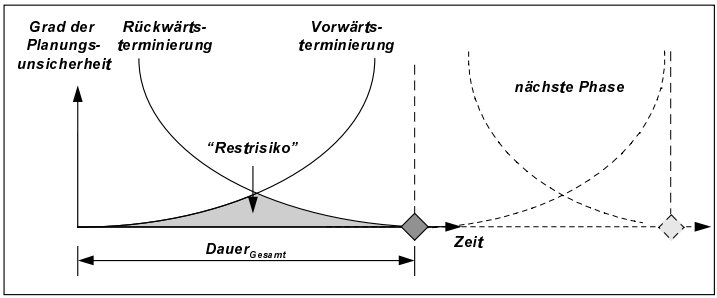


Bild 53: Kombinierte Vorwärts- und Rückwärtsterminierung (vgl. ZIELASEK 1995)

- **Entwurf von Prozeßszenarien**

Vielfältige endogene und exogene Einflußgrößen (s. Kap. 1) können sich positiv oder negativ auf den Prozeßverlauf auswirken. Für eine planerische Antizipation dieser Einflußparameter sollen bewußt verschiedene Szenarien generiert werden, die von optimistisch („best case") bis pessimistisch („worst case") reichen können.

Beispiele für Entwicklungsprozeßszenarien (s. Bild 54):

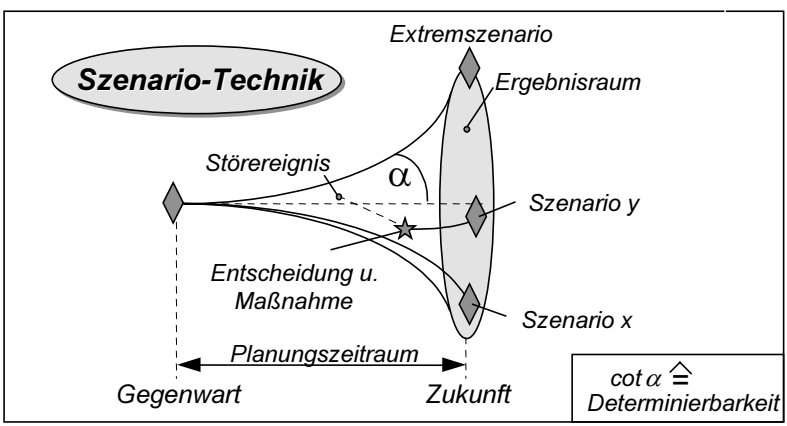


Bild 54: Anlegen von Szenarien und Planung entsprechender Gegenmaßnahmen (in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. 1996)

- Es werden bewußt alternative Prozeßpfade gesucht, die zum selben Ergebnis führen, z.B. Gegenüberstellung reiner DMU-Strategien und gemischter DMU-/PMU-Strategien.
- Es wird eine bewußte Variation von Störgrößen mit unterschiedlichen Auswirkungen einschließlich der Planung von Gegenmaßnahmen durchgeführt, z.B. Reaktion auf Ressourcenausfälle, Gegenmaßnahmen bei Kostenüberschreitungen etc.

- **Prozeßanalyse und –bewertung:**

Die anschließende Prozeßanalyse und –bewertung wird mit Hilfe einer Risiko- und einer Sensitivitätsanalyse durchgeführt:

Risikoanalyse:

Zum einen lassen sich potentielle Risiken durch die Szenario-Technik aufzeigen, zum anderen kann auf Erfahrungswerte vergangener Projekte zurückgegriffen werden (z.B. Projektaudits, Gewährleistungsumfänge von Vorgängerprodukten etc.). Dabei gilt es stets zu klären, wie sich der Projektverlauf darstellen würde, wenn die Risiken wie angenommen eintreten?

Möglichkeit zur Bewertung der Risiken (REINHART ET AL. 1996):

⇨ Höhe des Risikos = Effekt x Eintrittswahrscheinlichkeit

Sensitivitätsanalyse:

Die Prozeßbausteine sollen nach ihrer Projektrelevanz priorisiert werden, um bei Störungen angemessene Steuerungsmechanismen zu aktivieren. Dazu werden folgende Faktoren herangezogen:

1. Ermittlung kritischer Pfade und zeitlicher Puffer
   Die beschriebene Kombination aus Vorwärts- und Rückwärtsterminierung ermittelt für jeden Prozeßbaustein ein Zeitfenster, in dem er bearbeitet werden sollte.
2. Ermittlung der Anzahl potentieller Kunden der generierbaren Prozeßergebnisse:

- hohe Anzahl ⇒ hohe Priorität (A)
- mittlere Anzahl ⇒ mittlere Priorität (B)
- geringe Anzahl ⇒ geringe Priorität (C)

Damit kann folgende Klassifizierung nach Priorität vorgenommen werden:

A: keine Verzögerungen zugelassen, unbedingt terminliche Vorgaben einhalten
B: geringe Verzögerungen zugelassen
C: Verzögerungen zugelassen, nicht projektkritisch

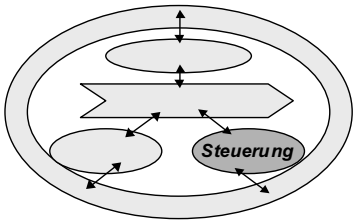
Dies ermöglicht wiederum gezielte Warnfunktionen, die bei einer Gefährdung geplanter Termine Warnsignale entsprechend der Projektrelevanz geben.

Der geschilderte Planungszyklus (Plangestaltung, Analyse und Bewertung) wird solange durchlaufen, bis die Geschäftsprozeßplaner mit der Ausprägung und Transparenz der Planungsergebnisse zufrieden sind.

Situation nach der Feinplanung:

Nach Abschluß der Analyse- und Bewertungsphase kann auf alternative, abgesicherte Referenzprozesse unterschiedlicher Entwicklungs- und Planungsszenarien für den definierten Planungszeitraum zurückgegriffen werden, die sowohl die Prozeßstruktur- als auch Prozeßleistungstransparenz widerspiegeln.

6.3 Entwicklung der Steuerungskomponente



Ist die Planungsphase abgeschlossen und der reale Prozeß gestartet, müssen Steuerungsmechanismen dafür sorgen, daß die Entwicklungs- und Planungsaktivitäten termingerecht angestoßen werden. Darüber hinaus muß der Entwicklungsprozeß dynamisch und flexibel auf geänderte Rahmenbedingungen und Störungen reagieren können.

Analog zur Planung soll auch bei der Prozeßsteuerung ein dezentraler Ansatz verfolgt werden, um endogene oder exogene Störgrößen effektiv und schnell zu kompensieren.

Bild 55 faßt die Aufgaben der Steuerungskomponente zusammen. Diese werden im folgenden näher erläutert.

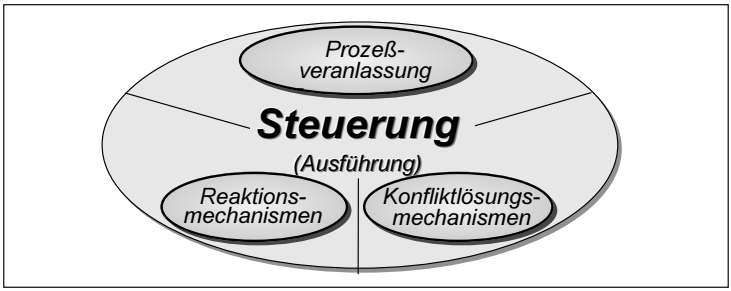


Bild 55: Aufgaben der Steuerung

6.3.1 Veranlassen der geplanten Prozeßbausteine

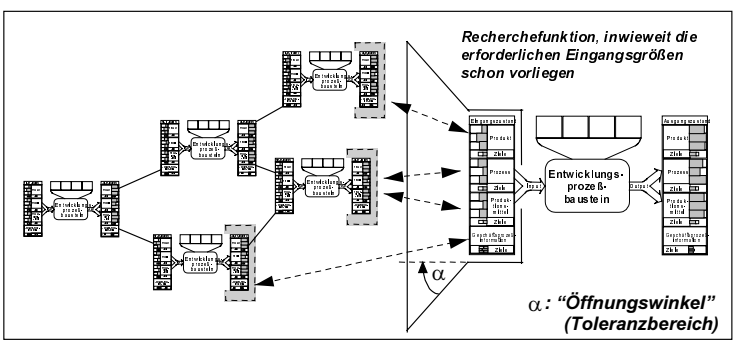
Durch das modular aufgebaute Konzept, die Abbildung der Aktivitäten mit Prozeßbausteinen, die bedarfsspezifischen Beschreibungen für erforderliche Eingangszustände und den asynchronen Steuerungsansatz kann – zumindest theoretisch – der größtmögliche Parallelisierungsgrad der Aktivitäten erreicht werden.

Ein menschlicher Planer ist allerdings angesichts der hohen Komplexität dieser Planungs- und Steuerungsaufgaben häufig überfordert, weshalb im folgenden aufgezeigt werden soll, wie eine plausible, realistische und stets aktuelle Steuerung des Geschäftsprozesses mit Methoden der Verteilten Künstlichen Intelligenz unterstützt werden kann (vgl. Kap. 4.5).

Kühnle u.a. stellen eine Agentenarchitektur vor, die imstande ist, eine derartige kooperative Planung und Koordination von Prozessen zu unterstützen (vgl. KÜHNLE U.A. 1996).

Jedem Geschäftsprozeßbaustein wird ein aktivitätsspezifischer Agent zugewiesen. Dieser Agent kennt nach Planung des Referenzprozesses alle für „seinen“ Baustein relevanten Informationslieferanten. Er überwacht das sogenannte Blackboard (vgl. FATHI-TORBAGHAN & HÖFFMANN 1994) und signalisiert „seinem“ Baustein sofort das Erreichen der erforderlichen Eingangsbedingung.

Der Geschäftsprozeßinhaber kann sich jederzeit durch diese Recherchefunktion, die ihm alle Informationslieferanten präsentiert, einen Überblick über die aktuelle Bearbeitungssituation seiner „Vorgänger“ verschaffen. Dabei kann er den „Öffnungswinkel“ dieses Filters, d.h. den Umfang der ihm zu präsentierenden Objektzustände, selbst festlegen (s. Bild 56).



Filterfunktion zur “Recherche”

Bild 56: Bausteinbezogene Informationsrecherche

Die Recherchefunktion mit der Analogie des variablen Filteröffnungswinkels veranschaulicht die Möglichkeiten, die mit dem vorgestellten Konzept entste-

hen. In einer Art Grobplanung können zunächst - durch weit geöffneten Filter - viele alternative Prozeßpfade aufgezeigt werden. Je näher der Bearbeitungszeitpunkt rückt, um so enger wird der Öffnungswinkel gewählt, und die günstigste Alternative kristallisiert sich zunehmend heraus.
Diese Recherche kann entweder von einem menschlichen Bearbeiter oder aber von einem Softwareagenten übernommen werden (s. Bild 57). Aus dem Referenzprozeßnetz kennt er benachbarte Entwicklungs- und Planungsumfänge und kann somit Hinweise geben, wenn dort die gewünschten Eingangszustände eintreten, so daß umgehend mit der planmäßigen Bearbeitung des jeweiligen Bausteins begonnen werden kann. Darüber hinaus kann ein menschlicher oder softwaretechnischer Agent bei der Zustandsrecherche auch erkennen, ob bei den vorausgegangenen Aktivitäten unvorhergesehene Änderungen eingetreten sind, und bei Bedarf im Rahmen der Steuerung darauf reagieren (s. 6.3.2).

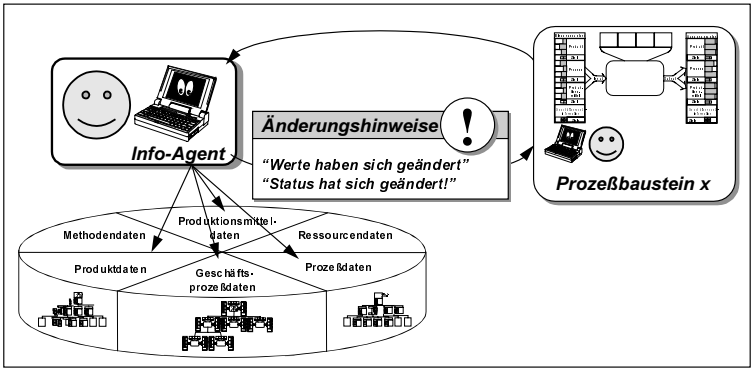


Bild 57: Info-Agent überwacht Status des Geschäftsprozesses

Fazit:

Trotz aller Möglichkeiten des Agenteneinsatzes muß die ganze Entscheidungskompentenz auch weiterhin in vollem Umfang auf Seiten des menschlichen Planers bleiben. Ein agentenbasiertes Infomationssystem kann allenfalls Assistenzfunktion ausüben, um die Mitarbeiter bei der Planung und Steuerung durch die schnelle Bereitstellung aktueller Daten zu unterstützen.

Softwaretechnische Implementierungen zur Unterstützung der Informationsrecherche mit Hilfe webbasierter Agenten werden beispielsweise in BOROWSKY ET AL. 1999 aufgezeigt.

6.3.2 Reaktionsmechanismen

Über die Statusrecherche hinaus müssen Mechanismen definiert werden, die eine angemessene Reaktion auf

- Planabweichungen,
- Konflikte/Probleme und
- Störungen

durch Einleitung entsprechender Korrekturmaßnahmen erlauben.

Die Monitoringkomponente (siehe Kapitel 6.4) liefert durch eine ständige Überwachung ausgewählter Indikatoren Warnsignale bei Planabweichungen bzgl.

- Zielerfüllung,
- Wertschöpfung und
- Prozeßfortschritt.

Als Reaktionsmaßnahme können die Prozeßbausteine auch nach Start des Prozesses noch dynamisch angepaßt werden, um jederzeit flexibel auf unvorhergesehene Störungen im Entwicklungs- und Planungsprozeß reagieren zu können. Das bedeutet, die jeweiligen Projektbeteiligten haben Zugriff auf eine zentrale Planungsbasis und können von dort vorkonfigurierte Bausteine entnehmen, anpassen und zu einer neuen Prozeßkette zusammensetzen, so daß die Zielerreichung und Machbarkeit nach wie vor gewährleistet werden.

Folgende Schritte werden hierfür empfohlen (vgl. Bild 58):

1. Voraussetzung: Indikatoren der Monitoringkomponente haben eine **Abweichung** zum geplanten Referenzprozeß **angezeigt** und **quantifiziert** oder **qualifiziert.**

2. **Relevanz-Check**: Unterscheidung der Störungen/Abweichungen nach: unkritisch (C), Grenzfall (B), kritisch (A). Dementsprechend werden unterschiedliche Problemlösungsprioritäten angesetzt.

3. **Ursachenanalyse**: Befragung der Prozeßbeteiligten zur Situation (Selbsteinschätzung).

4. **Situationsanalyse** und **Entwicklung** von **Reaktionsmaßnahmen:**
   Idealerweise werden mehrere Handlungsalternativen erarbeitet. Dabei sind folgende Fragen zu klären:

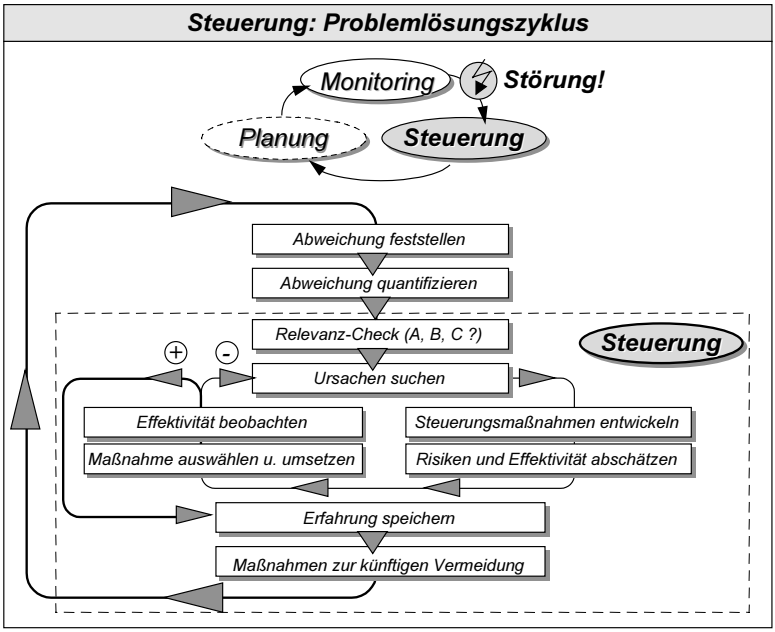


Bild 58: Problemlösungszyklus im Rahmen der Steuerung

- Welche Daten liegen über den Status, fachliche Ergebnisse, Termine, Kosten, Kapazitäten der betroffenen Geschäftsprozesse seitens der Planung und des Ist-Zustands vor?
- Welche Abweichungen sind durch einzuleitende Maßnahmen beherrschbar und welche wirken sich direkt auf den Endtermin, die Kosten oder den vereinbarten Leistungsumfang aus?
- Existieren alternative Prozeßabläufe (prozeßbezogen)?
- Existieren Alternativen bei den Entwicklungsergebnissen (objektbezogen)?
- Ist eine Veränderung des Ressourceneinsatzes hilfreich und möglich?
- Ist eine Zielanpassung erforderlich und vertretbar?
- Sind Kombinationen mehrerer Maßnahmen zu erwägen?

5. **Risiko** und **Effektivität** der Handlungsalternativen abschätzen und in ein Portfolio (vgl. Bild 59) eintragen. Damit lassen sich wirksame Alternativen schneller identifizieren.

6. **Maßnahmen** festlegen und **Entscheidungen** treffen.

7. **Effektivität** im Prozeßverlauf beobachten. Falls die Maßnahmen nicht die erwartete Wirkung zeigen, werden die Schritte 4 bis 7 wiederholt.

8. **Maßnahmen** zur **künftigen Vermeidung** der aufgetretenen Störung erarbeiten und gegebenenfalls in einer Wissensbasis ablegen.

9. Abschließend ist der **Referenzprozeß** entsprechend der gewählten Maßnahmen anzupassen.

Um sich über Effektivität und Risiko möglicher Entscheidungsalternativen bewußt zu werden, empfiehlt sich das Anlegen eines Portfolios gemäß folgender Darstellung:

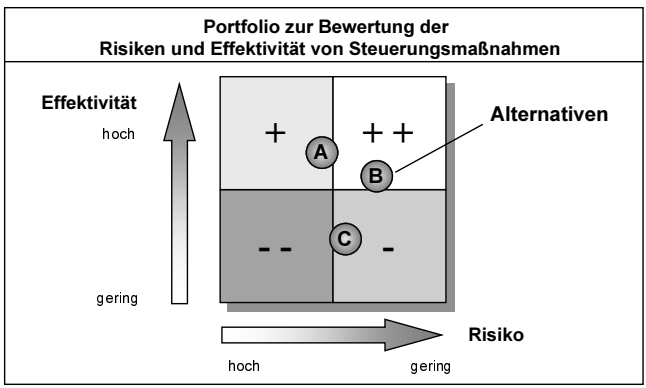


Bild 59: Risiko-Effektivität-Portfolio

- Beurteilung der Effektivität:

Die Beurteilung der Effektivität einer Maßnahme kann entweder auf Erfahrungswerten aus der Vergangenheit beruhen oder mittels einer Sensitivitätsanalyse (s. Kap. 6.2.2.2) analytisch durchgeführt werden.

- Risikoanalyse:

Hierfür müssen mögliche Störeinflüsse identifiziert und deren Auswirkungen abgeschätzt werden. Dabei ist zu überprüfen, ob gegenseitige Wechselwirkungen zwischen den Störgrößen existieren. In diesem Fall muß ermittelt werden, wie sich der Prozeßverlauf darstellen könnte, wenn die Einflußparameter wie angenommen variieren. Abschließend ist das Risiko nach der in 6.2.2.2 dargestellten Formel (Höhe des Risikos = Auswirkung x Eintrittswahrscheinlichkeit) zu quantifizieren und in das Portfolio einzutragen.

Grundsätzlich sollte nach Maßnahmen gesucht werden, die trotz eines geringen Risikos eine möglichst hohe Effektivität aufweisen.

Reaktionsstrategien:

Die zu ermittelnden Reaktionsmaßnahmen lassen sich dabei unterschiedlichen Kategorien zuordnen, die nachfolgend erläutert werden:

- **Option 1: Anpassung des Ressourceneinsatzes**

In der Realität sind Ressourcen nicht beliebig verfügbar, meist müssen vorhandene „umgeschichtet“ werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer vorherigen Analyse, wo Ressourcen unkritisch abgezogen werden können. Diese können dann auf den spezifischen Teilprozeß, in dem Schwierigkeiten aufgetreten sind, bedarfsweise verlagert werden.

- **Option 2: Anpassung des Prozeßverlaufes**

Eine zweite Möglichkeit ist, den Prozeßverlauf neu zu gestalten, d.h. durch alternative oder geänderte Prozeßschritte das Problem zu umgehen, um doch noch den angestrebten Zielzustand zu erreichen. Dafür müssen neue Geschäftsprozeßbausteine generiert bzw. vorhandene angepaßt und in das aktuelle Prozeßnetz eingefügt werden.

- **Option 3: Anpassung der Entwicklungsziele**

Von dieser Option sollte nur dann Gebrauch gemacht werden, wenn erkannt wird, daß der Prozeß mit den beiden vorherigen Strategien nicht mehr frist-, kosten- und qualitätsgerecht in den Zielekorridor zurückgeführt werden kann. Dies kann eine Anpassung der prozeßbezogenen Zieldimension bedeuten, indem beispielsweise Termine verschoben werden, oder einen Eingriff in die objektbezogenen Vorgaben nach sich ziehen, indem Anpassungen bei den Produkt- bzw. Produktionszielen durchgeführt werden.

6.3.3 Konfliktlösungsmechanismen

Bei unvermeidlich auftretenden Zielkonflikten sind rechtzeitig Konfliktlösungsmechanismen zu aktivieren (vgl. BRAESS 1996/97).

Für das systematische Management von Zielkonflikten wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

1. Beteiligte Teams und alle betroffenen Entwicklungsobjekte identifizieren.
2. Ist der Konflikt durch eine rasche und intelligente Lösung zu beseitigen?
3. Zielkonfliktklassifizierung: Ermittlung der Dringlichkeit und Wichtigkeit der Zielkonfliktlösung (s. Bild 60):

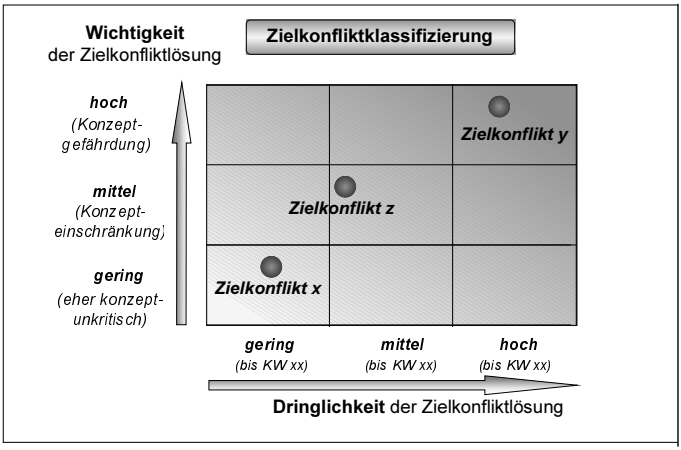


Bild 60: Zielkonfliktklassifizierung

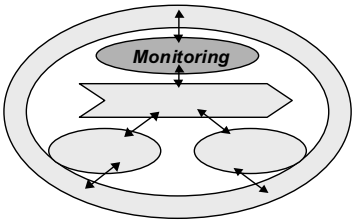
4. Durchführung einer Aufwand/Nutzen-Analyse.
5. Abstimmung/Diskussion mit den Beteiligten
   → Ermittlung des „günstigsten“ Kompromisses.
6. Verabschiedete Maßnahme umsetzen.

Zur Rolle der Projektleitung sei in diesem Zusammenhang angemerkt:

Bei Konflikten sollte das Projektmanagement im Sinne der Selbstorganisation mehr die Rolle eines Schiedsrichters oder Schlichters als die eines Anweisers übernehmen, um die Beteiligten nicht durch zentrale Eingriffe „von oben“ zu demotivieren (LULLIES ET AL. 1998).

Ist eine informelle und schnelle Konfliktlösung nicht möglich, sollte umgehend ein sogenannter „Eskalationsprozeß“ in Gang gesetzt werden, der die Entscheidung auf die nächst höhere Hierarchiestufe in der Organisation delegiert. Zur Beschleunigung des Entscheidungsprozesses ist es erforderlich, daß die Konfliktsituation formal beschrieben sowie Lösungsalternativen mit objektiv bewertbaren Argumenten erarbeitet werden.

6.4 Entwicklung der Monitoringkomponente



Motivation:

„Probleme sollten nicht erst gelöst werden, wenn sie bereits akut sind!“

Um dieser Maxime gerecht zu werden, müssen aussagekräftige Instrumente zur Prävention entwickelt und eingesetzt werden. Ein Hilfsmittel für eine ergebnis-, termin- und kostengerechte Prozeßabwicklung ist der Einsatz eines Monitoring-Systems.

Diese Unterstützung ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, daß die Geschäftsprozesse möglichst identisch zu ihrer organisatorischen Planung durchgeführt werden können. Bei aufkommenden Problemen können so rechtzeitig Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Außerdem sorgen Monitoring-Methoden dafür, daß Prozesse einer ständigen Analyse und Verbesserung unterzogen werden können:

„Measurements are key.
If you cannot measure it, ... you cannot improve it.
It is as simple as that.“

(nach HARRINGTON 1991)

Folgende Überwachungskategorien stehen beim Monitoring im Vordergrund:

- **Terminüberwachung**
  Für die Terminkontrolle erfolgt eine regelmäßige Ermittlung des zeitlichen Verlaufs innerhalb des Projektes. Die Überwachung und Steuerung setzt für einen begrenzten Zeitraum geplante und damit kontrollierbare Termine voraus (Referenz).

- **Kostenüberwachung**
  Die Kostenüberwachung dient zur Ermittlung der angefallenen Ist-Kosten und zur Prognose der zukünftigen Kostenentwicklung.

- **Kapazitäts-/Ressourcenüberwachung**
  Die Kapazitätsüberwachung soll eine gleichmäßige Auslastung und ausreichende Menge an Kapazität sichern. Ressourcenengpässe sollen möglichst frühzeitig erkannt werden.

- **Wertschöpfungs-/Zielerreichungskontrolle**
  Die Ergebnisüberwachung dient zur Kontrolle der in den Prozeßbausteinen generierten Wertschöpfung bzgl. der Entwicklungsobjekte Produkt, Prozeß und Produktionssystem in Abhängigkeit von Zeit, Kosten und Ressourcenverbrauch.

Als Monitoringgrößen dienen Bewertungsgrößen und meßbare Kennzahlen auf Basis von Zielkriterien einer integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung. Diese Kennzahlen müssen eine objektivierbare Repräsentation der in der Zielesystematik (vgl. Kap. 5.3) festgelegten prozeßbezogenen und objektbezogenen Sollvorgaben darstellen.

Die Monitoringinstrumente müssen im Sinne einer Frühwarnfunktion Planabweichungen rechtzeitig identifizieren und anzeigen:

Ein Frühwarnsystem signalisiert ...
⇨ **Ressourcenmangel**
⇨ **Terminverschiebungen**
⇨ **fachliche Probleme**

Die Funktion eines Frühwarnsystems sollen durch formalisierte Statusberichte (Reviews) für den aktuellen Prozeßabschnitt sowohl

- **regelmäßig** (Dokumentationsfunktion) als auch
- **ereignisorientiert** (Warnfunktion) wahrgenommen werden.

Die Monitoringinstrumente müssen auf Basis des konkreten Informationsbedarfes der für den Entwicklungs- und Planungsprozeß verantwortlichen Mitarbeiter abgeleitet werden. Dabei lassen sich entsprechend des Verantwortungsbereiches unterschiedliche hierarchische Ebenen unterscheiden (s. Bild 61):

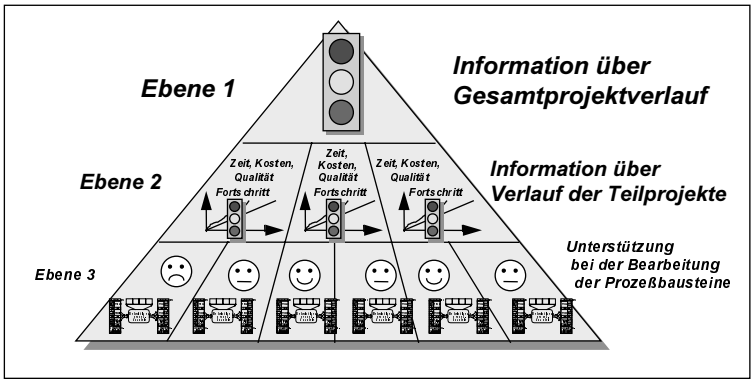


Bild 61: Hierarchischer Informationsbedarf für das Monitoring

- Ebene 1: Überblick für ein projektübergreifendes Management
- Ebene 2: Informationsbedarf für (Teil-)Projektleiter
- Ebene 3: Informationsbedarf der ausführenden Projektbearbeiter

Die Objekte, auf die sich der Informationsbedarf dabei bezieht, sind der integrierte ***Entwicklungs- und Planungsprozeß*** selbst sowie die betroffenen ***Entwicklungs- und Planungsobjekte.***

Durch die konsequente Modularisierung und Hierarchisierung des Entwicklungs- und Planungsprozesses wie auch der Prozeßergebnisse (Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel, s. Kap. 5.2) sind die Voraussetzungen geschaffen, um für die unterschiedlichen Hierarchieebenen den Informationsbedarf auf den jeweils erforderlichen Abstraktionsgrad zu verdichten.

Visualisierungsinstrumente:

Zur Gewährleistung der Prozeß- und Ergebnistransparenz sind Instrumente erforderlich, die dem Betrachter durch geeignete Darstellung ein schnelles Erkennen und Analysieren der aktuellen Projektsituation bezüglich der beiden Zieldimensionen ermöglichen:

- Prozeßbezogene Sichtweise:

Um sich einen schnellen Überblick über den Fortschritt des Entwicklungsprojektes zu verschaffen, können beispielsweise die einzelnen Geschäftsprozeßbausteine entsprechend ihrem aktuellen Bearbeitungsstatus farblich gekennzeichnet werden (s. Bild 62).

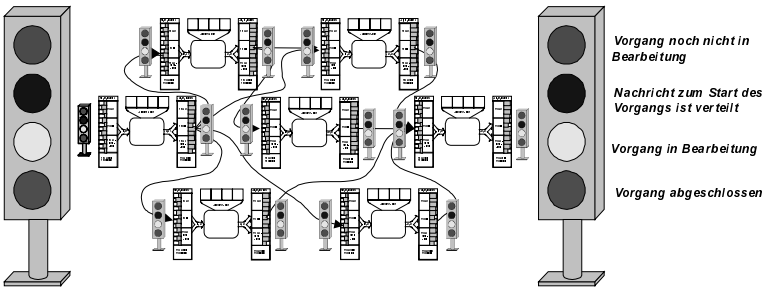


Bild 62: Monitoring des Prozeßfortschritts (in Anlehnung an REINHART & BRANDNER 1997)

Für eine detailliertere, effizienz- und effektivitätsorientierte Betrachtung des Fortschritts einzelner Entwicklungs- und Planungsaufgaben zeigt Bild 63 exemplarisch den Aufbau eines Statusberichts für einen Prozeßbaustein mit den Bewertungskategorien

- Fortschritt (= Wertschöpfung),
- Termin-,
- Kosten- und
- Ressourcensituation.

Prozeß-Review			
Entwicklungsumfang (Teilprojekt, Arbeitspaket, Vorgang)			
Fortschritt	**Terminsituation**	**Kostensituation**	**Ressourcensituation**
besser als planmäßiger Verlauf	besser als planmäßiger Verlauf	besser als planmäßiger Verlauf	besser als geplant
planmäßiger Verlauf	planmäßiger Verlauf	planmäßiger Verlauf	planmäßiger Zustand
Schwierigkeiten, mit Lösung	Terminverschiebung erforderlich	Abweichung Plan/Ist	Abweichung Plan/Ist
Schwierigkeiten, ohne Lösung	Endtermin gefährdet	Projektbudget kann nicht gehalten werden	Arbeitsfortschritt gefährdet
Planrevision erforderlich	Terminaussage nicht möglich, Planrevision	Planrevision erforderlich	Verstärkung erforderlich
Anmerkung:	**Anmerkung:**	**Anmerkung:**	**Anmerkung:**
-	Abweichung Plan/Ist > 30%	Abweichung Plan/Ist < 15%	-
Vereinbarungen :	**Vereinbarungen :**	**Vereinbarungen :**	**Vereinbarungen :**
-	Task Forces beantragen	nicht notwendig	-
Maßnahmen:	**Maßnahmen:**	**Maßnahmen:**	**Maßnahmen:**
-	Task Forces einsetzen	-	-

Bild 63: Formular für einen Prozeß-Statusbericht (Beispiel)

- Objektbezogene Sichtweise:

Zur Visualisierung des Fortschritts der einzelnen Entwicklungs- und Planungsobjekte (Produkt, Produktionsprozeß und -mittel) sei an dieser Stelle auf die Darstellungen der Reifegradindikatoren sowie der objektbezogenen Ziele in Kapitel 5.2 und 5.3 verwiesen, die hier analog zur Visualisierung verwendet werden können.

Fazit:

Die vorgestellten Monitoringinstrumente wie Kennzahlen, Statusberichte oder Prozeßmodelle ermöglichen bei dezentralem Zugriff eine hohe Prozeßtransparenz für alle Beteiligten. Die Methoden umfassen vergangenheitsbezogene, aktuelle und prognostizierte zukünftige Entwicklungen. Somit realisieren sie ein effektives Frühwarnsystem, das prozeßgefährdende Entwicklungen rechtzeitig signalisieren und somit die Voraussetzungen für einen reibungslosen Prozeßablauf schaffen kann.

6.5 Bewertung des Lösungsansatzes

In diesem Kapitel wird der bisher entwickelte Lösungsansatz noch einmal konzeptionell an den grundlegenden Anforderungen gespiegelt. Hierzu werden sowohl die Risiken als auch die Potentiale aufgezeigt.

Erläuterungen zu den Potentialen:

Das vorgestellte Konzept zum Management von integrierten, rechnerunterstützten Entwicklungs- und Planungsprozessen soll insbesondere die zunehmende Umfeldturbulenz im Innovationsprozeß berücksichtigen, dabei aber gleichzeitig die Potentiale moderner Entwicklungs- und Planungsmethoden bezüglich Zeit- und Kosteneffizienz erschließen.

Als Grundlage hierzu wurden **Modellierungskonstrukte** entworfen, die es zulassen, sowohl die Dynamik des Entwicklungs- und Planungsprozesses als auch der Entwicklungs- und Planungsergebnisse abzubilden. Zum zweiten wurde eine **Vorgehensweise** hergeleitet, mit der auf Basis der definierten Modellierungskonstrukte eine adaptive Planung und Steuerung der Geschäftsprozesse auf Basis einer konsequenten, prozeß- und ergebnisorientierten Zielorientierung durchgeführt werden kann.

Der Ansatz erhebt den Anspruch, sowohl eine strategische, managementorientierte Sicht als auch eine operative, bearbeitungsorientierte Sichtweise auf den Entwicklungsprozeß zu unterstützen. Erreicht wird dies über die Modularisierung und Hierarchisierung des Geschäftsprozesses in Form von *Prozeßbausteinen* sowie eine hierarchische Abbildung der Entwicklungs- und Planungsergebnisse (Produkt, Produktionsprozeß, Produktionsmittel).

Um eine möglichst hohe Prozeßflexibilität zu erreichen, werden die Prozeßbausteine nicht über einzelne Ereignisse, sondern über den Fortschritt der Entwicklungsobjekte in Form von Reifegradindikatoren variabel miteinander vernetzt. Der modulare Aufbau des Entwicklungs- und Planungsprozesses an sich sowie die variable Vernetzung ermöglichen eine dynamische Anpassung des Prozesses an unternehmensspezifische, produkt- und projektspezifische Randbedingungen. Durch die integrierte, synchrone Betrachtung von Produkt und Produktion und die dynamische Abbildung dieser Objekte mit Reifegraden wird ein stark vernetztes und zeitparalleles Arbeiten von Produktentwicklung und Produktionsplanung angestrebt, so daß eine Verkürzung der Time-to-market erreicht werden kann.

Um gleichzeitig die Effizienz des Entwicklungs- und Planungsprozesses wie auch die Qualität der Prozeßergebnisse abbilden und bewerten zu können, wurde ein Zielsystem entworfen, das eine prozeßorientierte (*prozeßbezogene*) und eine ergebnisorientierte (*objektbezogene*) Sichtweise integriert. Dadurch daß die Geschäftsprozeßplanung und –steuerung konsequent zielorientiert durchgeführt wird, kann leichter auf Zielabweichungen oder -änderungen („moving targets“) reagiert werden.

Weiterhin läßt es der Ansatz über eine gezielte Verteilung der Kompetenzen in den frei konfigurierbaren Prozeßbausteinen zu, den Grad der Autonomie und Dezentralität zu skalieren: Prinzipiell können sowohl die Grobplanung als auch die Feinplanung und –steuerung von einer zentralen organisatorischen Instanz übernommen werden. Um aber das Wissen und die Selbstorganisationsfähigkeiten eigenverantwortlicher Organisationseinheiten zu nutzen, wird vorgeschlagen, nur die Grobplanung von einer zentralen Instanz durchführen zu lassen, während die operative Feinplanung konsistent zu den global vorgegebenen Entwicklungszielen von dezentralen Projektteams übernommen wird. Die Trennlinie zwischen zentraler Grobplanung und dezentraler Feinplanung kann auf Basis der hierarchischen Prozeßstruktur individuell festgelegt werden.

Nicht zuletzt greift die entwickelte Methodik die Zeit-, Kosten- und Qualitätspotentiale rechnergestützter Entwicklungs- und Planungsmethoden auf, um durch DMU-Strategien den Einsatz von digitalen Produkt- und Prozeßprototypen zu forcieren. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Auswahl und zeitlichen Integration geeigneter CA-Methoden in die Prozeßkette unter Berücksichtigung einer prozeßorientierten Informationslogistik. Die Prozeßbausteine sind dabei vom Ansatz her aber nicht auf rechnergestützte Methoden beschränkt. Durch die Bewertung von DMU-Methoden bezüglich der Zielerreichung unterstützen sie auch die Entscheidungsfindung, wann virtuelle Verfahren der Prototypenbewertung nicht ausreichen und ein physikalisches Experiment vorzuziehen ist.

Erläuterungen zu den Risiken:

Es besteht nach wie vor die Gefahr, daß bei unabgestimmter Arbeitsweise die Potentiale der Zeitverkürzung durch Parallelisierung von Produktentwicklung und Produktionsplanung wieder zunichte gemacht werden.

Je nach Grad der Implementierung des Konzeptes ist mit einem nicht unerheblichen Aufwand zur Einführung und Schulung der Mitarbeiter zu rechnen. Zudem bedarf es einer strengen Disziplin, die Bausteine und ihre Indikatoren fort-

laufend und konsistent zu pflegen. Wird die Aktualisierung nicht konsequent verfolgt, besteht die Gefahr, daß die Akzeptanz der Methodik bei den betroffenen Mitarbeitern sehr schnell abnimmt. Es empfiehlt sich daher ein evolutionäres Vorgehen mit mehreren Implementierungsstufen, um die Anwender schrittweise mit der Methodik vertraut zu machen.

Die wesentlichen Potentiale und Risiken der Methodik sind in folgender Darstellung noch einmal zusammengefaßt:

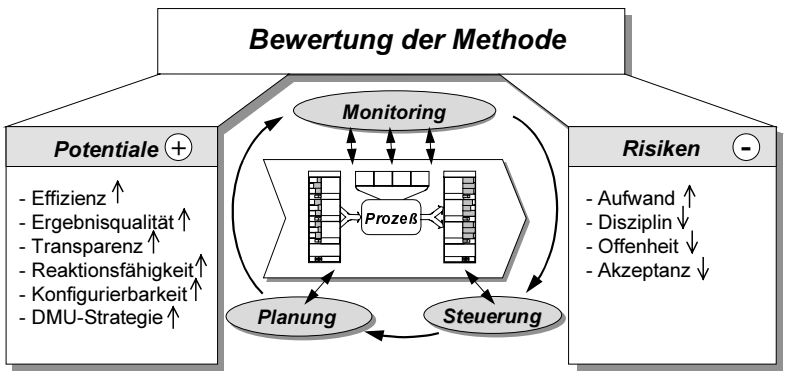


Bild 64: Potentiale und Risiken des Konzepts

Die Potential- und Risikobetrachtung soll um eine Nutzen/Aufwand-Betrachtung ergänzt werden.

Nutzen/Aufwand-Betrachtung des Lösungsansatzes:

Erhebungen zeigen, daß die Entwicklungsaufwände in der produzierenden Industrie bei ca. 3% des Umsatzes liegen. Allerdings kann eine Überschreitung der Entwicklungszeit um ca. 25% bereits zu Gewinneinbußen von bis zu 60% führen (BERTH 1993). Diese Ausgangssituation verdeutlicht, daß für eine Verkürzung der Time-to-market durchaus zusätzliche Aufwände in Kauf genommen werden können. Kürzere Entwicklungszeiten dürfen allerdings nicht zu Lasten von Innovationshöhe, Kosten und Qualität der Entwicklungsergebnisse gehen.

Der hier entwickelte Ansatz versucht, dieser Forderung gerecht zu werden, indem eine konsequente Zielorientierung sowohl beim Entwicklungsprozeß als

auch bei den Entwicklungsergebnissen verfolgt wird. Die Transparenz dieser beiden Zielkategorien erleichtert die Reaktion auf Zielabweichungen und -änderungen.

Der Zusatzaufwand, der durch die Anwendung der beschriebenen Planungs- und Steuerungsmethodik entsteht, wird durch folgende Aufgaben verursacht:

- Einführung der Methode (Schulung der Mitarbeiter, Erstellen von Hilfsmitteln wie Formulare etc., Schaffung der organisatorischen und technologischen Voraussetzungen, ...). Durch den modularen Aufbau kann das Konzept allerdings auch stufenweise eingeführt werden.
- Betrieb der Methode (Pflege der Beschreibungen von Prozeß und Prozeßergebnis, Durchführen von Prozeßreviews, Dokumentation, etc.)

Darin nicht enthalten sind die Aufwände, die für

- die eigentliche Prozeßplanung und –steuerung im Rahmen des Projektmanagements ohnehin notwendig sind.
- die Auswahl und Implementierung der ausgewählten CA-Methoden anfallen. Hier sind ebenfalls eigene IT-Projekte erforderlich, die zwar in enger Abstimmung mit der Geschäftsprozeßgestaltung abgewickelt werden müssen, aber in der Regel über ein eigenes Projektbudget verfügen (vgl. VDI-RICHTLINIE 2216).

Demgegenüber steht ein ebenfalls schwer zu quantifizierendes Nutzenpotential:

- Kostenreduktion durch Ersatz teurer, physikalischer durch wesentlich kostengünstigere und beliebig reproduzierbare Software-Prototypen
- Zeitersparnis durch kürzere Regelkreise zwischen Produktentwicklung und Produktionsplanung
- Hinzu kommen schwer kalkulierbare Kosten- und Zeitvorteile durch das frühzeitige Erkennen von Problemen und Vermeiden von Änderungs- und Fehlerkorrekturschleifen.

Empirische Untersuchungen des Maschinenbaus (ROMMEL 1993, WEULE 1996) haben darüber hinaus gezeigt, daß eine Verkürzung von Entwicklungszeiten weder zu Lasten der Kosten noch der Qualität gehen muß. Ein Zeitvorteil bedeutet im Gegenteil fast immer auch einen Kosten- und Qualitätsvorteil (s. Bild 65):

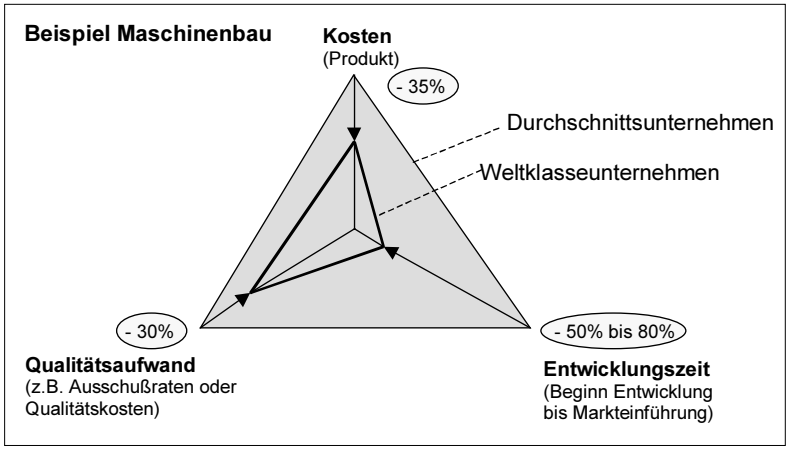


Bild 65: Entwicklungszeiten, -kosten und –qualität (ROMMEL 1993)

Somit kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, daß bei einer Berücksichtigung der beschriebenen Barrieren und einer konsequenten Anwendung der Methodik das Nutzenpotential den dafür erforderlichen Aufwand deutlich übersteigt.

Dies wird auch in dem anschließend dargestellten Praxisbeispiel verdeutlicht.

7 Verifikation des Konzepts am Beispiel Fahrzeugentwicklung

Im folgenden Kapitel wird der in der Arbeit entwickelte Ansatz zum adaptiven Management von integrierten, rechnergestützten Entwicklungs- und Planungsprozessen an einem konkreten Beispiel aus der Fahrzeugentwicklung verifiziert. Dazu wird im ersten Schritt das Umfeld der Automobilindustrie erläutert, um die branchenspezifischen Randbedingungen aufzuzeigen. Darauf aufbauend wird der Lösungsansatz exemplarisch aus der Sicht einzelner Fahrzeugkomponenten am Beispiel von Fahrzeug-Dachsystemen evaluiert. Zum Abschluß werden Erfolgsfaktoren und Barrieren abgeleitet, die für eine erfolgreiche Implementierung des Lösungsansatzes in der Praxis zu berücksichtigen sind.

7.1 Ausgangssituation im Automobilbau

Der hohe Exportanteil in dieser Branche von nahezu 60 Prozent macht deutlich (VDA 1998), daß der Automobilbau einem scharfen, internationalen Wettbewerb ausgesetzt ist und sich nur dann auf Dauer behaupten kann, wenn hoch innovative und hoch qualitative Produkte auf den Markt gebracht werden, die dennoch in bezug auf die Kosten mit dem internationalen Wettbewerb konkurrieren können. Dies setzt voraus, daß sowohl der Innovationsprozeß als auch der Produktionsprozeß unter Einsatz innovativer Organisationskonzepte und unter Nutzung neuester Technologien effektiv und effizient gestaltet werden. Ein Indiz für den hohen Stellenwert von Produkt- und Prozeßinnovationen im Fahrzeugbau stellt der überdurchschnittlich hohe Anteil an F&E-Ausgaben dar (MILBERG 1998). Die Fahrzeugindustrie nimmt somit sowohl bei organisatorischen als auch bei technologischen Innovationen eine Vorreiterrolle in Deutschland, aber auch international ein (WEULE 1996).

7.1.1 Trends in der Fahrzeugentwicklung

Die integrierte Entwicklung und Planung von Fahrzeugen kann als klassisches Anwendungsbeispiel für die in der Einleitung dieser Arbeit (Kapitel 1) geschilderten gestiegenen Anforderungen an den Innovationsprozeß herangezogen werden. Die Entwicklungszyklen für neue Fahrzeugmodelle haben sich in den

letzten Jahren drastisch verkürzt, während die Anzahl der auf dem Markt angebotenen Modelle und Varianten förmlich explodiert (MILBERG 1998). Der Kunde erwartet dennoch, daß trotz der höheren Komplexität der Produkte die Preise nicht steigen und die Qualität dennoch immer höheren Standards genügt.

Dieses Spannungsfeld macht deutlich, daß die Automobilindustrie nur dann ihre Wettbewerbsfähigkeit erhalten kann, wenn es gelingt, neueste technologische Entwicklungen im Produkt- und Produktionsbereich in innovativen und effizienten Entwicklungs- und Planungsprozessen umzusetzen.

Daß Automobile komplexe Serienprodukte im Sinne dieser Arbeit (vgl. Kap. 3) darstellen, verdeutlicht folgendes Zitat: „Das Automobil hat sich in seiner über 100-jährigen Geschichte aus einfachsten Anfängen zum kompliziertesten Konsumgut unserer Zeit entwickelt.“ (BRAESS 1996/97).

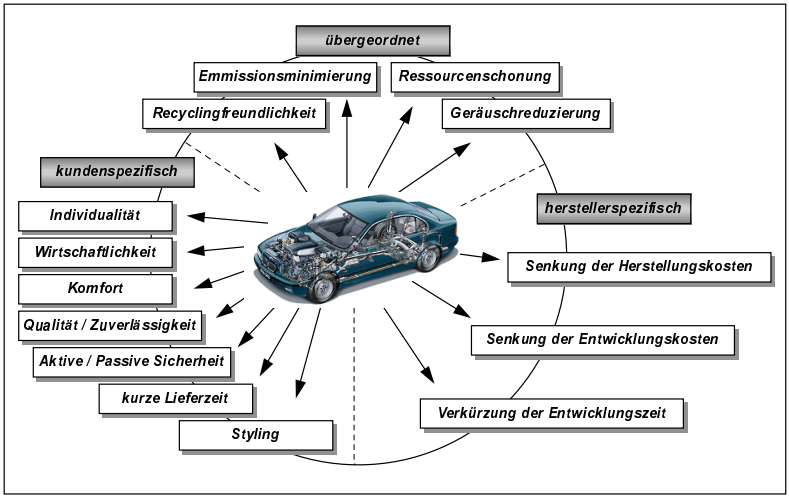


Bild 66: Automobilentwicklung - Ziele (in Anlehnung an BRAESS 1996/97)

❍ Ein Auto besteht heute aus 10.000 bis 30.000 verschiedenen Einzelteilen bei einer großen Werkstoffvielfalt. Zur Herstellung kommt fast die gesamte Breite verfügbarer Fertigungsverfahren zum Einsatz.

- Das Auto hat als Teilsystem des übergeordneten Systems „Verkehr“ sowie seinerseits als System mit seinen Subsystemen und Komponenten eine fast unüberschaubar große Zahl von Anforderungen zu erfüllen (vgl. Bild 66).

Forschung und Entwicklung haben die Aufgabe, Fahrzeuge so zu konzipieren, daß sie allen Anforderungen im Produktlebenszyklus möglichst gut gerecht werden. Das bedeutet, daß möglichst viele Aspekte schon im Entwicklungs- und Planungsstadium antizipiert und berücksichtigt werden müssen.

Aus dieser zunehmenden Produktkomplexität resultieren weitere Anforderungen: Zum einen steigt dadurch die Komplexität der Produktionsprozesse, zum anderen nimmt auch der Aufwand für das Geschäftsprozeßmanagement in der integrierten Entwicklung und Planung zu.

Es gilt deshalb, diese Komplexität auf der einen Seite zu beherrschen, auf der anderen Seite aber auch, die Komplexität zu reduzieren (REINHART 1997).

7.1.2 Vorherrschende Organisationsform in der Fahrzeugentwicklung

Die vorherrschende Organisationsform in der Automobilentwicklung ist bereits seit mehreren Jahren das Simultaneous Engineering (EVERSHEIM ET AL. 1995), das durch ein Multiprojektsituation in interdisziplinären Teams aufgrund parallel laufender Entwicklungsprojekte gekennzeichnet ist (PLATZ 1986).

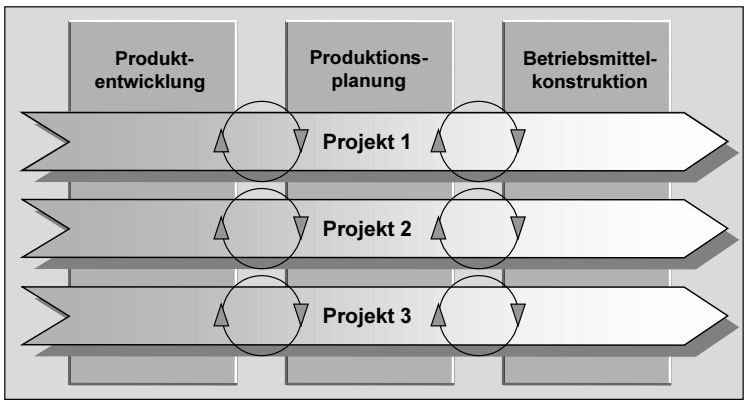


Bild 67: Multiprojektsituation in der Fahrzeugentwicklung

7.1.3 Einsatz von CA-Technik in der Fahrzeugentwicklung

Die Automobilindustrie zählt zu den technologischen Treibern, was den intensiven Einsatz moderner Informationstechnologien in der Produkt- und Prozeßentwicklung betrifft. Hier kommen praktisch alle derzeit auf dem Markt verfügbaren Technologien zum Einsatz (OLLING 1998). Angefangen bei Styling (CAS), über Konstruktion (CAD), Berechnung (CAE), Prozeßplanung (CAP) und Qualitätssicherung (CAQ), Software- und Steuerungsentwicklung (CASE) unter Nutzung modernster Simulationswerkzeuge (Finite Elemente Methode FEM, Mehrkörpersimulation MKS, 3D-Simulation, Ablaufsimulation, ...) bis hin zu intuitiven Mensch-Maschine-Schnittstellen wie Virtual Reality (VR). Anwendungsbeispiele des Rechnereinsatzes sind rechnergestützte Steifigkeits-, Akustik-, Aerodynamik-, Crashsimulationen am Produkt oder die Berechnung von Fertigungsprozessen wie Tiefziehen, Rohbau oder Montage unter technologischen und logistischen Gesichtspunkten (DIRSCHMID 1997). Die Vision, die hier von einigen Automobilherstellern vertreten wird, läßt sich mit dem Begriff „Digital Car“ umschreiben (vgl. auch BALASUBRAMANIAN & KATZENBACH 1996), mit dem Ziel, alle Fahrzeug- und Produktionsmerkmale bereits in einem frühen Entwicklungsstadium auf Basis digitaler Prototypen von Produkt und Produktion abzusichern (vgl. Bild 68).

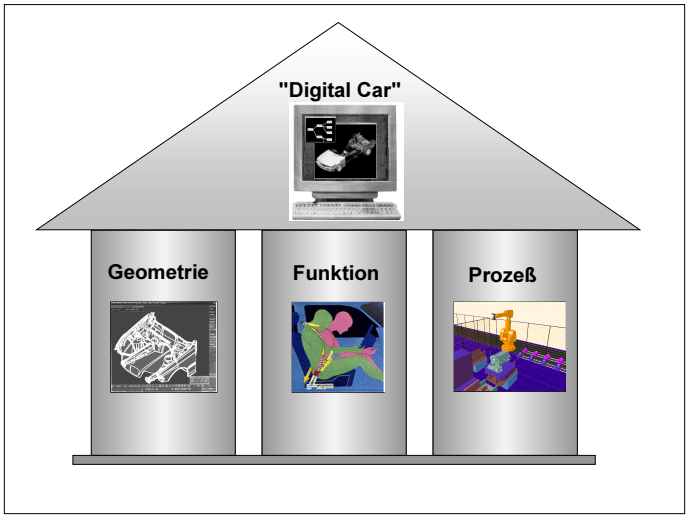


Bild 68: DMU-Strategien in der Fahrzeugentwicklung (nach BMW)

Diese Komplexität und die daraus resultierende Dynamik müssen durch ein systematisches Management der integrierten Entwicklungs- und Planungsprozesse beherrscht werden.

7.2 Verifikation aus der Sicht einer Fahrzeugkomponente

Aufgrund der Komplexität von Fahrzeugentwicklungsprojekten wurde die Anwendbarkeit der entwickelten Planungs- und Steuerungsmethodik an einem repräsentativen Produktausschnitt am Beispiel von Fahzeug-Dachsystemen verifiziert. Um allerdings die Übertragbarkeit auf andere Module sicherzustellen, wurden alle organisatorischen Schnittstellen zum Gesamtfahrzeug mit berücksichtigt.

7.2.1 Untersuchungsbereich

Als konkretes Beispiel wurde die Entwicklung und Planung der Karosseriekomponenten Schiebehebedach und Fahrzeugverdeck für Cabrios (s. Bild 69) betrachtet:

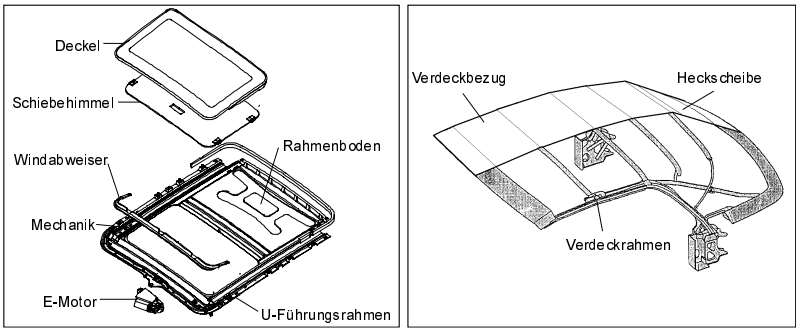


Bild 69: Fahrzeugkomponenten Schiebehebedach und Cabrioverdeck

7.2.2 Zielsetzung

Ziel dabei war es, ausgehend von einer gemeinsamen Geschäftsprozeßanalyse mit den Prozeßbetreibern einen zeitoptimalen Soll-Prozeß zu planen, Maßnahmen zu dessen Umsetzung abzuleiten und die Implementierung zu verfolgen. Im Mittelpunkt standen hierbei die Planung eines effizienten CA-Einsatzes sowie die Einführung eines prozeßbegleitenden Monitorings (s. Bild 75):

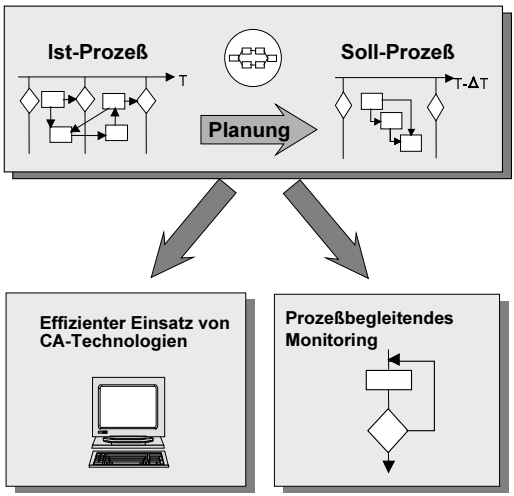


Bild 70: Ziele der Konzeptverifikation

Im einzelnen wurden folgende Ziele verfolgt:

- Planung eines stark zeitverkürzten Entwicklungs- und Planungsprozesses für Schiebehebedach (SHD) und Cabrio-Verdeck
- Entwicklung von CA-Einsatzstrategien zur Verkürzung und Optimierung des integrierten Entwicklungs- und Planungsprozesses
- Validierung der Monitoring- und Steuerungskomponente für einen ausgewählten Entwicklungsausschnitt.

7.2.3 Planung eines zeitoptimierten Entwicklungs- und Planungsprozesses

7.2.3.1 Vorgehensweise

Zur Gestaltung des optimierten Prozeßablaufes wurde ein Projektteam eingerichtet, in dem alle für die Entwicklung der Dachsysteme relevanten, technischen Funktionen vertreten waren: Angefangen von der Konstruktion, über den Versuch, den technischen Einkauf, die Fertigungs- und Montageplanung bis hin zu Fachleuten aus der Produktion. Da es sich bei den betrachteten Fahrzeugsystemen um Kaufteile handelt, wurden darüber hinaus die Systemlieferanten in die Prozeßgestaltung mit einbezogen. Mittels Workshops und Interviews wurden dabei Schwachstellen im derzeitigen Projektablauf aufgezeigt, sowie Lösungsvorschläge für einen optimierten Prozeßablauf erarbeitet (siehe Bild 71). Der Soll-Prozeß wurde ausgehend von einer Grobplanung sukzessive verfeinert (Feinplanung).

Für die Überprüfung der Termineinhaltung wurde ausgehend von einem geplanten Serienanlauf rückwärts gerechnet.

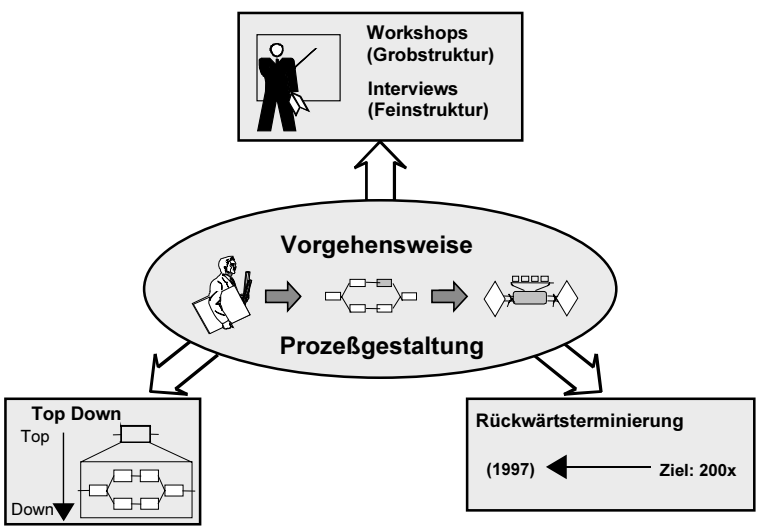


Bild 71: Vorgehensweise zur Planung des Referenzprozesses

7.2.3.2 Grobplanung

Um die Komplexität des Entwicklungsprozesses sowie die Synchronisation mit anderen Entwicklungsbereichen besser beherrschen zu können, wurde der Soll-Prozeß auf drei Ebenen betrachtet. Diese Ebenen entsprechen der Integration der Komponente (SHD bzw. Verdeck) in das Gesamtfahrzeug (vgl. Bild 72). Auf der obersten Ebene wurden alle Entwicklungs- und Planungsaktivitäten zusammengefaßt, die ausschließlich für eine Komponente - hier am Beispiel des Schiebehebedachs - durchzuführen sind. Auf der zweiten Ebene wurden Aufgaben definiert, die neben der Fahrzeugkomponente die unmittelbare physikalische Peripherie der Komponente benötigen (Komponente in Peripherie). Die dritte Stufe beschreibt die Integration der Komponente in das Gesamtfahrzeug (Komponente im Fahrzeug).

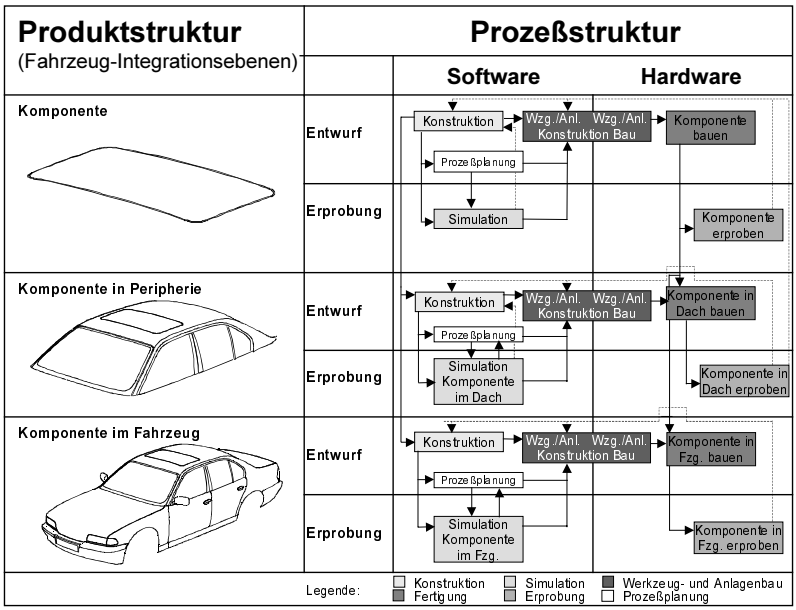


Bild 72: Strukturierung des Referenzprozesses

Durch diese Strukturierung konnte zum einen abgeleitet werden, zu welchen Zeitpunkten die Synchronisation mit angrenzenden Modulen sinnvollerweise erfolgen sollte, zum anderen war es möglich, Tätigkeiten zu identifizieren, die

nicht von der Peripherie abhängen und somit unabhängig von den Schnittstellen bereits zu einem früheren oder auch späteren Zeitpunkt durchgeführt werden könnten (Asynchronität, vgl. Kap. 5.1).

Der Gesamtprozeß wurde so konzipiert, daß bei einem möglichst komprimierten Vorgehen dennoch möglichst viele Korrekturschleifen auf Basis eines neuen Produkt- oder Produktionsstandes durchführbar sind.

Eine weitere Unterteilung wurde vorgenommen in sogenannte „Softwarezyklen“, die auf virtuellen Prototypen aufsetzen, sowie „Hardwarezyklen“, die auf der physikalischen Verfügbarkeit des Produktprototypen und der zugehörigen Versuchswerkzeuge basieren, für den Fall, daß eine Untersuchung am Software-Prototypen nicht ausreicht.

Meilensteine für die Prozeßkette:

Als terminliche und inhaltliche Randbedingung sind für die Serienentwicklung insgesamt sechs Meilensteine vom Planungsauftrag bis zum Serienanlauf einzuhalten, die von der zentralen Fahrzeugprojektsteuerung vorgegeben werden. Innerhalb dieser Meilensteine gilt es nun aus der Sicht des einzelnen Entwicklungsbereiches, eine dezentrale Feinplanung der integrierten Produkt- und Prozeßentwicklung durchzuführen:

- „Planungsauftrag“: Auftrag für die Entwicklung von mehreren Komponentenkonzepten erteilt.
- „Projektauftrag“: Freigabe ausgewählter Fahrzeug- und Modulkonzepte.
- „Freeze“ (Styling, Package, Cubing): Endgültige Festlegung des Fahrzeugsstylings/-geometrie.
- „100% Produktionsfreigabe für Serienwerkzeuge“ (SWZ): Freigabe für die Erstellung von Serienwerkzeugen erteilt.
- „100% Teile aus SWZ“: Alle Teilkomponenten müssen reproduzierbar aus SWZ erstellt werden.
- „Serienanlauf“: Freigabe der Serienproduktion.

Diese Meilensteine bilden als globale Phasenziele den Rahmen für die anschließende Feinplanung des Ablaufs.

7.2.3.3 Feinplanung mit Prozeßbausteinen

Für die Strukturplanung wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. Operationalisierung prozeßbezogener und objektbezogener Einzelziele aus den Meilensteinen
2. Detaillierung der Prozeßbausteine (Wer, was, wann, womit, mit wem) inkl. Eingangs-/ und Ausgangsinformationen
3. Festlegung von aktivitätsbezogenen Meßkriterien zur Feinplanung und -steuerung des Projektfortschritts
4. Definition der bereitzustellenden Datenumfänge sowie Datenqualität für eine simulationsgestützte Absicherung des Produktes hinsichtlich Funktionssicherheit und Produzierbarkeit

Das Ergebnis ist eine Liste der relevanten Prozeßbausteine mit allen Aktivitäten, Inputs, Outputs, Methoden, Zielen, Terminen sowie aktivitätsbezogenen Meßkriterien für den integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß (s. Bild 73).

Anwendungsspezifischer Prozeßbaustein

Bausteinbeschreibung / Zwischenschritte	Produkt / Baugruppe / Einzelteil	Inputs	Methode	Schnitt-stellen	Outputs (Ziele, Meilen-steine)	Ausführender	Dauer (Tage) von bis	Kosten
Projekt SHD								
Konzept & Definition (Bauraum/Packageein-planung, Funktionsprinzip, statische Bauteilstruktur, dynamische Bewegungs-linien etc.) Konstruktion & Zeichnungen **CA-Modellierung**, Optimierungsschleifen	MECHANIK GESAMT	aus Vorleistungen: Prinziptests Vorgängermodell, 3D Grobmodell (grobe Dachfläche, grober Fzg.himmel, grobe Bauraumdef. (Package)) Anforderungen aus Lastenheft (Kosten, Gewicht, Funktionen (Handhabung, Aerodynamik, Wasserablauf, etc.), Geometrie, Styling, Recycling	CADDS (MRA) + CATIA (BMW)	Konstruktions-FMEA, Versuch, FEM, MKS, DMP Toleranz-ananlyse	Ende 05/xx: parametrisiertes kinematikfähiges CATIA CAD 3D Solidmodell, Zielbestätigung: technische Anforderungen erfüllbar	xxx	100 KW 3 KW 22	
	DECKEL	...	...	...	...		100 KW 3 KW 22	
	WINDABWEISER	...	...	...	...		100 KW 3 KW 22	
	...	...	...	...	...		100 KW 3 KW 22	

Wertschöpfung/ Projektfortschritt | Start-bedingungen | Verfügbarkeit einer Methode | Qualität der Wert-schöpfung/Zielerfüllung | Termine | Änderungs-kosten

Bild 73: Anwendungsspezifischer Prozeßbaustein (Beispiel)

Ablaufplanung:

Die adaptive Vernetzung der Bausteine beruht zum einen auf den vorkonfigurierten Prozeßbausteinen sowie auf der abstrakten Grobstrukturierung des Referenzprozesses. Die einzelnen Prozeßbausteine mit ihren Ein- bzw. Ausgangszuständen wurden für die Feinplanung solange variiert und optimiert, bis die gestellten Anforderungen zur Entwicklungszeitverkürzung erfüllt werden konnten.

Bild 74 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt aus dem detaillierten Referenzprozeßnetz. Aus Gründen der Übersicht sind die Inputs und Outputs mit den zugehörigen dynamischen und statischen Reifegradindikatoren nicht im Prozeßnetz dargestellt.

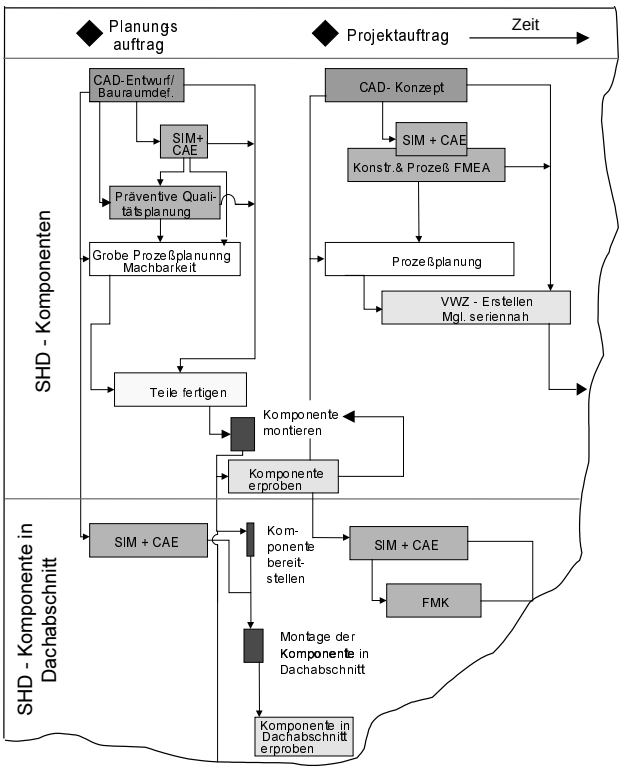
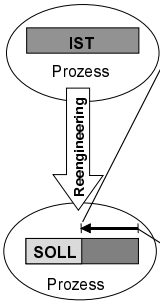


Bild 74: Ausschnitt aus dem detaillierten Referenzprozeßnetz

Um die geforderte Entwicklungszeitverkürzung zu erreichen, wurden gemeinsam mit den Prozeßbetreibern unterschiedliche Optimierungsmaßnahmen erarbeitet, die sowohl organisatorische wie auch technologische Lösungsansätze aufgreifen. Die wesentlichen davon sind im folgenden Bild dargestellt:



Maßnahmen zur Entwicklungszeitverkürzung	Verkürzen	Eliminieren	Steuern	Parallelisieren
Einzelne Tätigkeiten verkürzen durch neue Technologien	X			
StärkereParallelisierung von Aktivitäten				X
Verkürzung bzw. Eliminierung von Wartezeiten (Abstimmung)	X	X		
Schnellere Entscheidungsfindung bei Zielkonflikten			X	
Stärkere Einbeziehung der Prozeßplanung in frühe Phasen			X	
Eliminieren von Tätigkeiten		X		
Frühzeitige Absicherung von Geometrie, Funktion, Prozeß			X	
Verbesserte Kommunikation und Kooperation zwischen den Fachbereichen			X	
Frühzeitige Erprobung vorentwickelter Komponenten in Vesuchsfahrzeugen			X	
Vorgezogene Werkzeuge für nicht stylingabhängige Komponenten			X	
Verzicht auf Hardwareprototypen (nur 1 Prototyp) durch Einführung von "Softwareprototypen"		X		

Bild 75: Eingesetzte Maßnahmen zur Entwicklungszeitverkürzung

Durch Berücksichtigung dieser Maßnahmen wird eine möglichst starke Integration von Produktentwicklung und Produktionsplanung realisiert. Insbesondere durch das zeitparallele Gestalten von Produkt und Produktion soll die frühzeitige Absicherung der Produktfunktion sowie der Produktionsprozesse gewährleistet werden.

- Übergang vom Physical Mock-up (PMU) zum Digital Mock-up (DMU)

Durch den massiven Einsatz innovativer CA-Methoden soll auf physikalische Prototypen, soweit möglich, verzichtet werden. Um frühzeitig Aussagen über die Realisierbarkeit der gewünschten Produkt- und Produktionseigenschaften treffen zu können, wurde das Einsatzpotential von rechnergestützten Entwicklungsmethoden von CAD über CAE wie Finite-Elemente-Mehode (FEM) und Mehrkörpersimulation (MKS), Ablauf- und 3D-Simulation bis hin zu Virtual Reality (VR) ermittelt. Daraus wurden Einsatzstrategien für einzelne Methoden abgeleitet.

- Schnelle Entscheidungsfindung bei Zielkonflikten

Aus dem mehrdimensionalen Zieleraum, dem ein Fahrzeugentwicklungsprojekt unterliegt, resultieren zwangsläufig wirtschaftliche und technologische Zielkonflikte, die meist zwischen den klassischen Zieldimensionen Zeit, Kosten und

Qualität entstehen. Hierzu wurde ein formaler Entscheidungsprozeß definiert und installiert, mit dem Zielkonflikte möglichst effizient gelöst werden können.

7.2.3.4 Planung des prozeßunterstützenden CA-Einsatzes

Ziele:
Insbesondere durch den verstärkten Einsatz von digitalen Prototypen sollten zum einen die Verkürzung der Entwicklungsdauer unterstützt und zum anderen die Kosten für die Erstellung physikalischer Prototypen reduziert werden.

Dazu wurde in zwei Schritten vorgegangen:

1. Überprüfung des generellen Einsatzpotentials rechnergestützter Entwicklungs- und Planungswerkzeuge für die untersuchten Fahrzeugkomponenten.
2. Ableitung von individuellen Einsatzstrategien für die Integration der CA-Technologien in die jeweiligen Entwicklungsphasen zu den jeweiligen Prozeßbausteinen.

- **Objektbezogene Anforderungen festlegen:**

Im ersten Schritt wurde dazu ein Anforderungsprofil entwickelt, das die komponentenspezifischen, objektbezogenen Produkt- und Prozeßziele beschreibt (vgl. Kap. 5.3.2). Produktbezogen wurden die Kategorien Kundennutzen, Geometrieabsicherung und Funktionsabsicherung definiert, prozeßbezogen wurde unterteilt in die wesentlichen Fertigungstechnologien Preßwerk, Rohbau und Montage sowie Service.

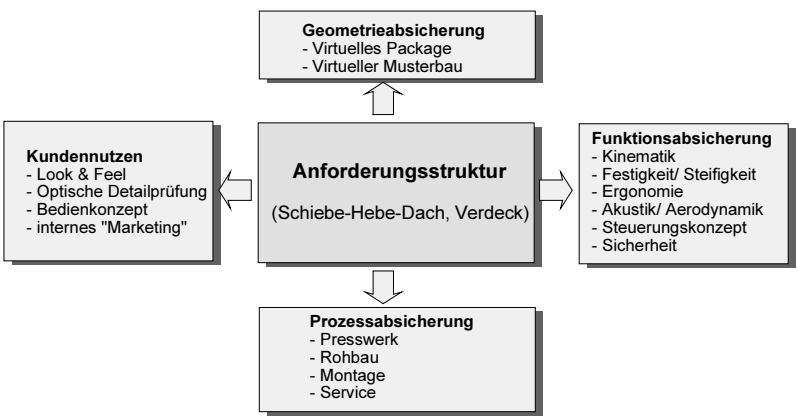


Bild 76: Objektbezogenes Anforderungsprofil

- **Zuordnung von Anforderungen und CA-Methoden:**

Im Anschluß wurde ein systematischer Überblick über markterhältliche Entwicklungs- und Planungswerkzeuge erstellt, die für die Absicherung der vorher definierten Anforderungen grundsätzlich geeignet schienen. Die generelle Tauglichkeit wurde hierbei in drei Kategorien (A = hoch, B = mittel, C = gering) bewertet (s. Bild 77):

CA-Bewertung		CAD		MKS			FEM								CAP					VR	
	Relevanz: A=hoch B=mittel C=gering	System A	System B	System A	System B	System C	System A	System B	System C	System D	System E	System F	System G	System H	System A	System B	System C	System D	System E	System F	System A	System B
Kundennutzen	Look & Feel		C	C	C	C			C	C											A	A
	Optische Detaillprüfung	A	A	A	A	A	B		B	B											A	A
	Bedienkonzept		A	B	A	A																
Geometrie	Virtuelles Package	A	A													A	A		A		A	
	Virtueller Musterbau															A					A	
Funktion	Kinematik	C	A	A	A	A	A		A													
	Festigkeit/ Steifigkeit		A	A	A	A	A		A					B								
	Ergonomie	B	B																		A	
	Akustik		C	C	C	C	C							C								
	Aerodynamik													B								
	Steuerungskonzept		B		B	B																
	Sicherheit (Crash)							C					C									
Prozeß	Montage	C	C				C		C									C		A		
	Lackierung		C												A		A	C		A		
	Preßwerk										C	C			C							
	Rohbau														C			C		C		

Bild 77: Zuordnung von CA-Methoden und –tools zu objektbezogenen Zielen

- **Integration der CA-Methoden in den Entwicklungs- und Planungsprozeß:**

Im dritten Schritt wurde die Integration der Methoden über die in Kapitel 6.5.4. definierten Kriterien in die Prozeßbausteine vorgenommen. Die zeitliche Einordnung folgt dabei den Kriterien:

⇨ Frühestmögliche Verfügbarkeit der erforderlichen Eingangsdaten bezüglich Datenformat und Datenquelle

⇨ Aufwand/Nutzenverhältnis für die jeweils betroffene Fachabteilung

⇨ Erforderliche Mitarbeiterqualifikation

⇨ Technisch-organisatorische Verfügbarkeit

Als Ergebnis wurden vier CA-Werkzeuge aus den Bereichen (Finite Elemente Methode FEM, Mehrkörpersimulation MKS, Virtual Reality und 3D-Simulation) ausgewählt und in einem konkreten Entwicklungsprojekt eingeführt und erprobt.

In Bild 78 ist die Vorgehensweise zur prozeßorientierten CA-Integration noch einmal zusammengefaßt:

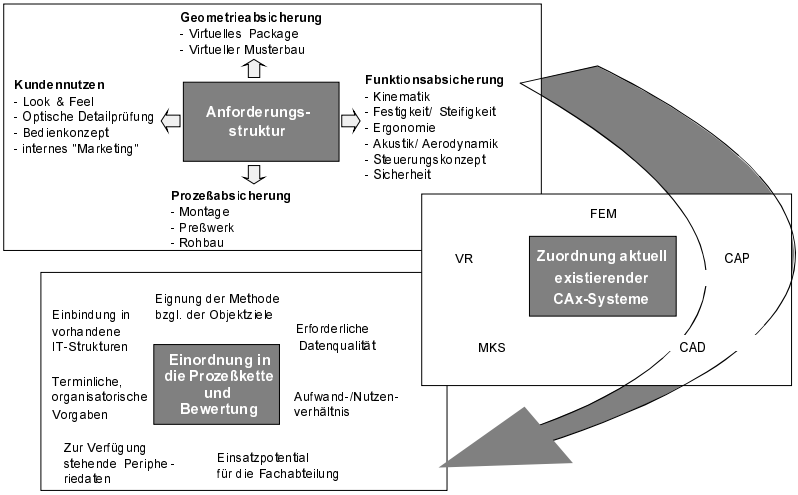


Bild 78: Integration der CA-Methoden in den Entwicklungsprozeß

Nach der Definition der objektbezogenen Entwicklungs- und Planungsziele und der Recherche des Leistungsumfanges marktgängiger CA-Systeme wurde eine Einsatzstrategie für ausgewählte Methoden und Werkzeuge über die Zuordnung zu den Prozeßbausteinen durchgeführt.

7.2.4 Steuerung eines realen Prozesses auf Basis des Referenzprozeßnetzes

Im Anschluß an die Planung wurde anhand eines konkreten Fahrzeugentwicklungsprojektes der erarbeitete Referenzprozeß hinsichtlich Machbarkeit und Plausibilität untersucht. Zu diesem Zweck wurde im Rahmen der Steuerung das prozeßbegleitende Monitoring systematisch erprobt.

7.2.4.1 Prozeßbegleitendes Monitoring

Das prozeßbegleitende Monitoring sollte Risikopotentiale und Abweichungen frühzeitig erkenntlich machen, um proaktiv und nicht reaktiv Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Hierfür wurden sinnvolle Monitoringgrößen und -werkzeuge abgeleitet.

Definition sinnvoller Monitoringgrößen:

Zunächst wurden prozeßbezogene und objektbezogene Kenngrößen ausgewählt, um gleichzeitig Prozeßeffizienz und –effektivität überwachen zu können. Die Monitoringgrößen müssen dabei mit angemessenem Aufwand zu erfassen sein, um einerseits eine regelmäßige und schnelle Erhebung zu erleichtern und andererseits die Akzeptanz bei den betroffenen Mitarbeitern zu erhöhen. Dabei haben sich unterschiedliche Kategorien von Monitoringinstrumenten als praktikabel erwiesen.

Prozeßbezogenes Monitoringinstrument:

In regelmäßigen Abständen (ca. alle 4 Wochen) wurde eine Prozeßbewertung in den SE-Teamsitzungen durchgeführt und jede Aktivität hinsichtlich der ausgewählten Kriterien bewertet.

Damit wurde kontinuierlich der aktuelle Stand im Projekt erfaßt und dokumentiert (s. Bild 79), so daß er auch für Folgeprojekte als Erfahrungsbasis dienen kann. Wichtiger ist jedoch, daß Problemfelder transparent werden und man dadurch eine objektive Diskussionsgrundlage für Reaktionsmaßnahmen schafft.

Auszug

Aktivitäten	Status: noch nicht gestartet	Status: Start möglich	Status: in Arbeit	Status: beendet	Ergebnis-fortschritt: besser als planmäßiger Verlauf	Ergebnis-fortschritt: planmäßiger Verlauf	Ergebnis-fortschritt: geringe Schwierigkeiten, mit Lösung	Ergebnis-fortschritt: **Schwierigkeiten, ohne Lösung**	Ergebnis-fortschritt: **Anforderungen od. Konzept ändern!**	Termin-situation: besser als planmäßiger Verlauf	Termin-situation: planmäßiger Verlauf	Termin-situation: geringe Verzögerungen	Termin-situation: **Endtermin gefährdet**	Termin-situation: **starke Verzögerung, Planrevision**	Kosten-situation: besser als planmäßiger Kostenverlauf	Kosten-situation: planmäßiger Kostenverlauf	Kosten-situation: geringe Kostenüberschreitungen	Kosten-situation: **Zielkosten gefährdet**	Kosten-situation: **Kostenexplosion**	Termin Sollwerte: Dauer (Tage)	Termin Sollwerte: von	Termin Sollwerte: bis	Termin Istwerte: Dauer (Tage)	Termin Istwerte: von	Termin Istwerte: *Prognose* bis
Konstruktion			X		X						X					X				21	KW11	KW14	18	KW11	KW14
FEM-Berechnung			X					X					X					X		14	KW11	KW12	24	KW11	
MKS-Simulation	X																			14	KW11	KW12	0		
...																									

Bild 79: Prozeßbezogenes Monitoringinstrument (Bsp.)

Objektbezogenes Monitoringinstrument:

Analog wurde für die Beurteilung der Entwicklungsergebnisse ein geeignetes Bewertungsinstrument konzipiert (s. Bild 80).

Basierend auf der bereits erarbeiteten Checkliste der wesentlichen Produkt- und Prozeßeigenschaften wurde eine Bewertungsskala definiert, die die aktuelle Zielerfüllung widerspiegelt (1 = ungenügend bis 10 = exzellent).

Zusätzlich sind jeweils noch geeignete Untersuchungsmedien angegeben (z.B. HW-Prototyp, SW-Prototyp, Erfahrungsprognose) und eine Klassifizierungsmöglichkeit der Aussagesicherheit vorgesehen.

Sobald eine entsprechende Untersuchung durchgeführt wurde, war in dieser Checkliste eine entsprechende Bewertung einzutragen. Somit war stets ein aktueller Überblick über den Status aller relevanten Produkt- und Produktionsmerkmale verfügbar.

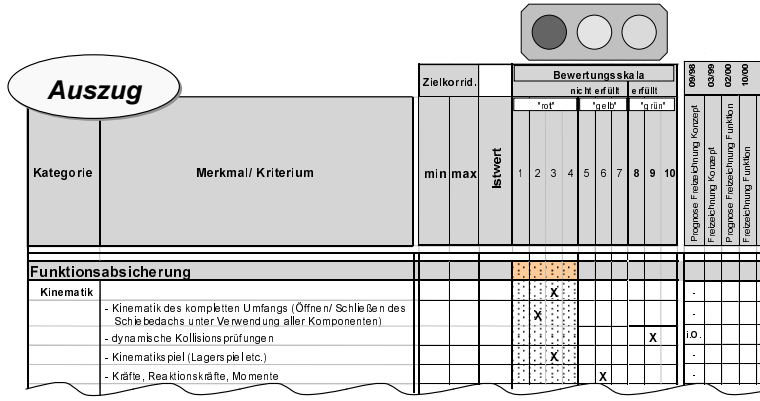


Bild 80: Objektbezogenes Monitoringinstrument (Bsp.)

Durchführung von Reviews:

Im Rahmen des Projektes wurden regelmäßige Review-Tage durchgeführt, an denen der aktuelle Entwicklungsstand des Produktes und der Produktion ("Objekt"-Review) und des Entwicklungsablaufes ("Prozeß"-Review) abgefragt, diskutiert und bewertet wurden.

Exemplarisch sei hier das Ergebnis der Fortschrittskontrolle anhand verschiedener Schiebehebedachkomponenten dargestellt (s. Bild 81):

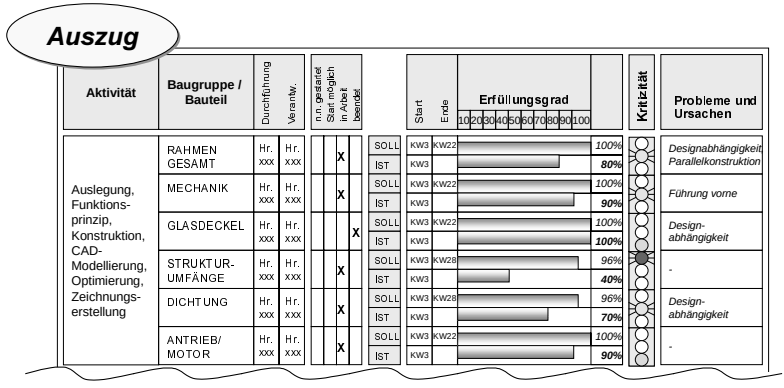


Bild 81: Beispiel für die Prozeßbewertung mit einem Review

In dieser Form wurden alle Prozeßbausteine, die in dem betrachteten Zeitabschnitt durchgeführt wurden, bewertet.

Der "Erfüllungsgrad" ("Ist") wurde auf Basis einer Schätzung des verbleibenden Restaufwandes durch das bearbeitende Team und nicht auf Basis der Erfassung bereits geleisteter Arbeitsstunden beurteilt. Die Steigerung der Wertschöpfung wurde über den geplanten Tätigkeitszeitraum ("Soll") als konstant angenommen.

Symbol	Bedeutung
„kritisch!“	❒ Aktivität liegt auf kritischem Pfad ❒ deutliche Verzögerung ist eingetreten ❒ führt zu Verzögerungen bei mehreren Folgeprozessen ❒ Erfüllung forcieren, Verlauf unbedingt beobachten
„bedingt kritisch!“	❒ Aktivität liegt auf kritischem Pfad ❒ geringe Verzögerung ist eingetreten ❒ führt zu geringen Verzögerungen bei Folgeprozessen ❒ Erfüllung forcieren, Verlauf beobachten
„unkritisch!“	❒ Aktivität liegt nicht auf kritischem Pfad ❒ Verzögerung sind nicht konzeptgefährdend ❒ führt nicht/kaum zu Verzögerungen bei Folgeprozessen

Bild 82: Beurteilung der „Kritizität“ von Prozeßbausteinen

Bei der Beurteilung der sogenannten „Kritizität“ (s. Bild 82) wurde berücksichtigt, wie groß die Abweichung vom Sollzustand ist, welche Ursachen dafür verantwortlich sind, ob der Zeitverzug ausgeglichen werden kann und ob sich die Aktivität auf einem kritischen Pfad befindet, d.h. daß die aufgetretene Verzögerung Terminprobleme bei Folgeprozessen verursacht.

Mit den verschiedenen dargestellten Monitoringinstrumenten konnte eine Online-Bewertung des integrierten Entwicklungs- und Planungsprozesses am konkreten Beispiel erprobt werden, so daß durch schnelles Erkennen von Zielabweichungen und Zielkonflikten im Rahmen der Steuerungskomponente präventiv reagiert werden konnte.

Im nächsten Absatz werden die wesentlichen Erfolgsfaktoren und Barrieren des Lösungsansatzes aus der Erfahrung mit dem Praxisbeispiel noch einmal zusammengefaßt.

7.2.5 Verallgemeinerung des Praxisbeispiels

Der hier beschriebene Anwendungsfall stellt ein typisches Beispiel für die integrierte Entwicklung und Planung eines komplexen Serienproduktes mit der daraus resultierenden Organisationskomplexität in den zugeordneten Entwicklungs- und Planungsprozessen dar.

Bei der Übertragung der Methodik auf einen konkreten Entwicklungsbereich stellte sich heraus, daß allein schon durch eine prozeßorientierte Sichtweise auf den integrierten Entwicklungs- und Planungsprozeß viele nicht erkannte Effizienz- und Effektivitätspotentiale zutage getreten sind.

In Ergänzung zum bisher durchgeführten Projektmanagement brachten die Modularisierung des Prozesses wie auch die Standardisierung der Prozeßschnittstellen auf Basis der Prozeßbausteine eine wesentlich höhere Flexibilität in der Abwicklung des Entwicklungs- und Planungsprozesses. Ein weiterer Fortschritt konnte durch die integrierte Betrachtung von Prozeßeffizienz und –effektivität erreicht werden, die in regelmäßig stattfindenden Prozeß- und Ergebnis-Reviews innerhalb der SE-Teams überprüft wurden.

Zudem konnte aufgezeigt werden, daß die Methodik nicht generell unternehmensweit eingeführt werden muß, sondern auch bei einem begrenzten Entwicklungsbereich bereits zu deutlichen lokalen Verbesserungen von Prozeßeffizienz und –effektivität führen kann (Verkürzung der Serienentwicklungsdauer um nahezu 50%). Voraussetzung ist allerdings, daß der betrachtete, organisatorische Ausschnitt aus der Entwicklung und Planung dabei den gleichen Globalzielen folgt wie das Gesamtprojekt.

Eine angemessene informationstechnische Unterstützung für das Monitoring des Entwicklungs- und Planungsprozesses wie auch der Entwicklungs- und Planungsergebnisse ist wünschenswert, aber bei einem örtlich begrenzten Entwicklungsbereich nicht zwingend erforderlich. Im konkreten Anwendungsfall wurden die Reifegradindikatoren in einer lokal von den Mitarbeitern zugänglichen Datenbank gepflegt. Für räumlich verteilte, unternehmensübergreifende Entwicklungs- und Planungsprozesse bieten sich hier moderne internetbasierte CSCW-Lösungen (KNICKEL 1997) an, so daß von jedem Standort aus auf die Prozeß- und Ergebnisbeschreibung lesend und schreibend zugegriffen werden kann.

Der hier aufgezeigte Ansatz erfordert eine höhere Transparenz der einzelnen Mitarbeiter bezüglich ihrer Tätigkeiten und der Ergebnisse ihrer Arbeit. Dies setzt ein Umdenken in den Köpfen voraus, das häufig noch immer von Abteilungs- und Besitzstandsdenken („not invented here“) geprägt ist. Eine vertrauensbildende Unternehmenskultur wird somit zu einer Grundvoraussetzung für das Funktionieren des vorgestellten Planungs- und Steuerungsansatzes. Hier ist vor allem das Management in der Pflicht, mit gutem Beispiel voranzugehen und sicherzustellen, daß die Transparenz, die von den Mitarbeitern erwartet wird, auch von den Vorgesetzten vorgelebt wird. Unterstützt werden kann dies beispielsweise durch entsprechende Anreizsysteme, die den Mitarbeiter dazu motivieren, seine Aktivitäten und Ergebnisse offen zu dokumentieren.

Nicht zuletzt ist entscheidend für den Erfolg der aufgezeigten Vorgehensweise, daß der einzelne prozeßbeteiligte Mitarbeiter den individuellen Nutzen für seine operative Arbeit erkennt. Der ganze Ansatz steht und fällt mit der Akzeptanz der Methodik bei den ausführenden Mitarbeitern. Nur diese sind in der Lage, den aktuellen Fortschritt von Entwicklung und Planung objektiv und zeitnah zu beurteilen und zu erfassen. Wird der Entwicklungsfortschritt über die Reifegradindikatoren nicht von allen Beteiligten konsequent und durchgängig gepflegt, verliert die Methodik an Akzeptanz und ist zum Scheitern verurteilt.

Deshalb empfiehlt sich für die Einführung der Methodik die Unterstützung eines externen oder internen Beraters, der einerseits über das notwendige Methodenwissen verfügt und andererseits die Mitarbeiter durch Bereitstellen geeigneter Hilfsmittel (Checklisten, Formulare, ...) und Übernahme von Koordinationsaufgaben (z.B. Vorbereitung und Moderation der Prozeß-Reviews) in ihrem Alltagsgeschäft entlasten kann. Hat sich die Vorgehensweise einmal eingespielt, sollten die damit verbundenen Zusatzaufgaben im Rahmen von regelmäßig stattfindenden SE-Teamsitzungen routinemäßig abgewickelt werden, so daß sich der resultierende Zusatzaufwand deutlich in Grenzen hält. Demgegenüber steht ein schwer quantifizierbares Nutzenpotential (Zeit, Kosten, Qualität) durch das frühzeitige Erkennen und Vermeiden von Problemen und Zielkonflikten sowie das proaktive Einleiten entsprechender Gegenmaßnahmen.

Zusammenfassend läßt sich konstatieren, daß für eine erfolgreiche Umsetzung der Methodik ein ebenso interdisziplinäres Zusammenwirken von Management, Prozeßverantwortlichen und Prozeßberatern notwendig ist, wie es auch von den Mitgliedern eines SE-Teams selbst gefordert wird.

8 Zusammenfassung

Die Innovationskraft entscheidet mehr denn je über die Wettbewerbsfähigkeit von Produktionsunternehmen in zunehmend globalen Märkten. Um diesem Ziel gerecht zu werden, sind die Betriebe gezwungen, die Effizienz und Effektivität ihrer Entwicklungsorganisationen zu steigern, müssen aber gleichzeitig in der Lage sein, auch kurzfristig auf Veränderungen des Marktes zu reagieren. Dies gilt für die Entwicklung des Produktes in gleichem Maße wie für die Planung der zugehörigen Produktionsprozesse und -anlagen.

Dafür müssen sowohl die organisatorischen wie auch technologischen Voraussetzungen geschaffen werden.

Ziel dieser Arbeit war es deshalb, eine Methodik zu entwickeln, die ein flexibles und effizientes Management der Geschäftsprozesse in einer integrierten, parallelen Produktentwicklung und Produktionsplanung gewährleistet und dabei die Potentiale moderner, rechnergestützter Entwicklungs- und Planungsmethoden erschließt. Der verstärkte Einsatz von virtuellen Prototypen von Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsanlage hat sich hierbei zu einem strategischen Ziel in vielen Branchen des Maschinen- und Fahrzeugbaus entwickelt.

Dabei wurden folgende Anforderungen berücksichtigt:

- Die Geschäftsprozesse von Produktentwicklung und Produktionsplanung müssen möglichst variabel miteinander vernetzt werden. Dazu muß auch die Informationslogistik im Prozeß berücksichtigt werden.
- Rechnergestützte Entwicklungs- und Planungsmethoden müssen bezüglich ihres Einsatzpotentials bewertet werden und in die Prozeßketten integriert werden.
- Die Geschäftsprozesse müssen den gestellten Zielen bezüglich Effizienz einerseits (z.B. Entwicklungszeitverkürzung) und der Qualität der Prozeßergebnisse andererseits (z.B. Reduktion der Herstellkosten) gerecht werden.

Um diesen Anforderungen zu genügen, wurde in dieser Arbeit eine **adaptive Planungs- und Steuerungsmethodik für Geschäftsprozesse einer integrierten Entwicklung und Planung** abgeleitet, die durch folgende Lösungselemente charakterisiert wird:

- Der Geschäftsprozeß wird über modulare **Prozeßbausteine** abgebildet, die variabel miteinander vernetzt werden können. Diese Prozeßbausteine betrachten integriert das Produkt, den Produktionsprozeß sowie die Produktionsmittel.
- Die Kernergebnisse einer integrierten Entwicklung und Planung (Produkt, Produktionsprozeß und Produktionsmittel) werden über sogenannte **Reifegradindikatoren** beschrieben, die die zeitparallele Konkretisierung dieser Objekte widerspiegeln.
- Um die geforderte Prozeßeffektivität und -effizienz sicherzustellen, wird ein Zielsystem aufgestellt, das sowohl **prozeßbezogene** wie auch **ergebnisbezogene Ziele** einer integrierten Entwicklung und Planung in den Prozeßbausteinen abbildet.
- Es wird eine Systematik aufgezeigt, wie rechnergestützte **CA-Methoden** über die Prozeßbausteine zielorientiert und unter Berücksichtigung der **Informationslogistik** in den Entwicklungs- und Planungsprozeß integriert werden können.

Zur operativen Planung und Steuerung von Entwicklungsprojekten wurde eine Vorgehensweise abgeleitet, die systematisch auf den genannten Prozeßbausteinen aufsetzt. Die Elemente des **Vorgehensmodells** sind eine **Planungs**-, eine **Steuerungs**- und eine **Monitoringkomponente**. Diese Schritte werden im Sinne einer rollierenden Planung und Steuerung interaktiv durchlaufen und ermöglichen eine situationsabhängige, reaktionsschnelle Anpassung bei geänderten oder neuen Anforderungen an den Prozeß und die Prozeßergebnisse.

Der Anwendungsschwerpunkt der Methodik ist auf komplexe Serienprodukte ausgerichtet. Zur Verifikation wurde die Methodik deshalb an einem Beispiel aus der Fahrzeugentwicklung und –planung in der Praxis evaluiert. Dabei konnte zum einen die nutzbringende Anwendbarkeit nachgewiesen werden, zum anderen konnten Erfolgsfaktoren und Barrieren für eine industrielle Implementierung aufgezeigt werden.

Die Arbeit richtet sich konsequent nach der Philosophie der Zielorientierung: Sind die Ziele einer integrierten Produkt- und Prozeßplanung transparent, so findet sich auch ein durchgängiger und effizienter Weg, selbst wenn sich die Ziele auf dem Weg wandeln sollten.

9 Literaturverzeichnis

ABRAMOVICI 1996

Abramovici, M.: Informationsmanagement und -logistik mit Engineering Data Management. In: Effiziente Anwendung und Weiterentwicklung von CAD/CAM-Technologien, München. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996, S. 303-322. (VDI-Berichte 1289)

AGGTELEKY 1980

Aggteleky, B.: Fabrikplanung. Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung München: Carl Hanser 1980 (Bd. 1 Grundlagen, Zielplanung, Vorarbeiten).

ANSORGE & KOLLER 1996

Ansorge, D.; Koller, A.: Intelligent decentralized planning and complex strategies for negotiation in flexible manufacturing environments. In: Jamshidi, Mohammed (Hrsg,): Robotics and Manufacturing - Recent Trends in research and applications, Volume 6. Proceedings of the sixth international symposium on Robotics and manufacturing (ISRAM '96). New York: ASME Press 1996, S. 1-6.

AUGRAI 1995

AUGRAI (Hrsg.): International News - Special Issue - Galway Meeting (Ireland). Einladung und Produktinformation 1995.

BACH ET AL. 1995

Bach, v.; Brecht, L.; Österle, H.: Markstudie Softwaretools für das Business Process Redesign. Baden-Baden: FBO-Verlag 1995.

BAETGE 1974

Baetge, J.: Betriebswirtschaftliche Systemtheorie: Regelungstheoretische Planungs- und Überwachungsmodelle für Produktion, Lagerung und Absatz (Moderne Lehrtexte Wirtschaftswissenschaften; Band 6). Opladen: Westdeutscher Verlag 1974.

BALASUBRAMANIAN & KATZENBACH 1996

Balasubramanian, B.; Katzenbach, A.: Simulation im Automobilbau - von der Idee bis zum Kundenfahrzeug. In: Simulation in der Praxis - Neue Produkte effizienter entwickeln, Karlsruhe. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996, S. 1-17. (VDI-Berichte 1215)

BALZERT 1992

Balzert, H. (Hrsg.): CASE - Systeme und Werkzeuge, 4.Auflage, Mannheim: B.I.-Wissenschaftsverlag 1992.

BERTH 1993

Berth, R.: Der keine Wurf. In: Manager Magazin (1993) 4, S. 214-227.

BICHLMAIER & GRUNWALD 1998

Bichlmaier, C.; Grunwald, S.: Prozeßintegration mit Prozeßbausteinen und ihre exemplarische Anwendung. In: Kolloquium zur Entwicklung umweltgerechter Produkte (Tagungsband). Darmstadt: TU Darmstadt (Eigenverlag) 3./4. November 1998. S. 103-106.

BLANK 1990

Blank, R.: QFD - Quality Function Deployment . In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): 2. F & E Management-Forum, Frankfurt am Main. München: gfmt - Gesellschaft für Management und Technologie - Verlags KG, S. 85-98.

BOROWSKY ET AL. 1999

Borowsky, R.; Grundwald, S.; Klabunde, S.; Liebert, M.; Murr, O.; Schäfer, G.: Der Produktentwicklungsprozeß (PEP) in der Automobilindustrie. In: Hofer-Alfeis, J. (Hrsg.): Geschäftsprozeßmanagement: Innovative Ansätze für das wandlungsfähige Unternehmen. Marburg: Tectum 1999. (Reihe Softwaretechnik; Band 9) S. 270-289.

BRAESS 1996/97

Braess, H.-H.: Von der Idee bis zum Recycling - Bewältigung der Produkt- und Organisations-Komplexität im BMW Forschungs- und Ingenieur-Zentrum. In: 2. F&E Management-Forum - Integrierte Produktentwicklung, Frankfurt/Main. München: gfmt 1990, S. 293-335.

BÜDENBENDER 1991

Büdenbender, W.: Ganzheitliche Produktionsplanung und –steuerung. Konzepte für Produktionsunternehmen mit kombinierter kundenanonymer und kundenbezogener Auftragsabwicklung. Berlin u.a.: Springer 1991.

BULLINGER 1996A

Bullinger, H.-J.: Im Engineering liegen noch Reserven. In: Konstruktion & Engineering 1996 (12), S. 3f.

BULLINGER 1996B

Bullinger, H.-J.: Concurrent Simultaneous Engineering Systems. Berlin u.a.: Springer 1996.

BULLINGER ET AL. 1997

Bullinger, H.-J. u.a.: Rapid Product Development. Industrie Management 13 (1997) 1, S. 52-54.

BÜRGEL ET AL. 1997

Bürgel, D. u.a.: Prozeßoptimierung in Forschung und Entwicklung durch Benchmarking. Wissenschaftsmanagement 2 (1997) 3/4, S. 74-81.

BURGHARDT 1995

Burghardt, M.: Projektmanagement. 3. Aufl. München: Publicis-MCD 1995.

CAMP 1994

Camp, R. C.: Benchmarking. München: Carl Hanser 1994.

CIMOSA 1995

CIMOSA Association: A Primer on Key Concepts, Purpose and Business Value. Produktinformation 1995.

CLARK & FUJIMOTO 1991

Clark, K.B.; Fujimoto, T.: Product Development Performance. Boston: Harvard Business School Press 1991.

CLAUSING 1994

Clausing, D.P.: Total Quality Development. ASME Press on International Advances. In: Design Productivity. New York: 1994.

DAENZER & HUBER 1994

Daenzer, W. u. Huber F. (Hrsg.): Systems Engineering - Methodik und Praxis. 8.Auflage. Zürich: Industrielle Organisation 1994

DAVENPORT 1993

Davenport, T.: Process innovation: Reengineering work through information technology. Boston: Ernst & Young 1993.

DEITERS 1997

Deiters, W.: Prozeßmodelle als Grundlage für ein systematisches Management von Geschäftsprozessen. Informatik FuE (1997) 12, S. 52-60.

DERNBACH 1990

Dernbach, W.: Krise der traditionellen Arbeitsteilung im Unternehmen: Die Markt- und Wettbewerbsdynamik erzwingt Anpassung. Blick durch die Wirtschaft, FAZ vom 31.7.1990.

DIRSCHMID 1997

Dirschmid, W.: Berechnung im Automobilbau. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 99 (1997) 6, S. 370-373.

DÖLLNER ET AL. 1997

Döllner, G.; Kellner, P.; Tegel, O.: Verfizierung von Entwicklungsergebnissen mit rechnerunterstützten Techniken – Potentiale und Hemmnisse. In: Neue Generation von CAD/CAM-Systemen, München. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997, S. 513-531. (VDI-Berichte 1357)

DOURISH 1997

Dourish, P.: Extending Awareness Beyond Synchronous Collaboration. In: Workshop on Awareness in Collaborative Systems at CHI´97, Atlanta, Georgia. May 1997.

DREWS & WEYRICH 1997

Drews, P.; Weyrich, M.: Produktionsplanung und Anlagensimulation mit Methoden der Virtual Reality. Industriemanagement 13 (1997) 1, S. 18-22.

EHRLENSPIEL 1995

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

EHRLENSPIEL ET AL. 1995

Ehrlenspiel, K.; Ambrosy, S.; Aßmann, G.: Integrierter Konstruktionsarbeitsplatz. ZwF 90 (1995) 9, S. 410-413.

EVERSHEIM 1995

Eversheim, W. (Hrsg.): Prozeßorientierte Unternehmensorganisation. Berlin u.a.: Springer 1995.

EVERSHEIM ET AL. 1993

Eversheim, W.; Laufenberg, L.; Marczinski, G.: Integrierte Produktentwicklung mit einem zeitparallelem Ansatz. CIM-Management (1993) 2, S. 17-22.

EVERSHEIM ET AL. 1995

Eversheim, W. (Hrsg.); Bochtler, W; Laufenberg, L.: Simultaneous Engineering. Erfahrungen aus der Industrie für die Industrie. Berlin u.a.: Springer 1995

EVERSHEIM ET AL. 1996

Eversheim, W. u.a.: Einsatz einer Engineering Data Base - Erfahrungen und Potentiale. In: Effiziente Anwendung und Weiterentwicklung von CAD/CAM-Technologien, München. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996, S. 349-365. (VDI-Berichte 1289)

FATHI-TORBAGHAN & HÖFFMANN 1994

Fathi-Torbaghan, M.; Hoffmann, A.: Fuzzy Logik und Blackboard-Modelle. München: Oldenbourg 1994.

FELDMANN 1997

Feldmann, Ch.: Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung. Berlin u.a.: Springer 1997. (iwb Forschungsberichte Nr. 104)

FERSTL 1994

Ferstl, O.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. München: Oldenbourg 1994. (Band 1)

FERSTL & SINZ 1994

Ferstl, O.-K.; Sinz, E.-J.: Der Ansatz des Semantischen Objektmodells (SOM) zur Modellierung von Geschäftsprozessen. Bamberger Beiträge zur Wirtschaftinformatik. Otto-Friedrich-Universität 1994.

FISCHER & WEBER 1996

Fischer, W.; Weber, M.: Projektmanagement zur effizienten Unterstützung von Produktentwicklungen. VDI-Z 138 (1996) 11/12, S. 58-62.

FROMM 1992

Fromm, H.: Das Management von Zeit und Variabilität in Geschäftsprozessen. In: CIM-Management 1992 (5), S. 7-14.

GAITANIDES ET AL. 1994

Gaitanides, M.; Scholz, R.; Vrohlings, A.; Raster, M.: Prozeßmanagement. München/Wien: Carl Hanser 1994.

GASTER 1987

Gaster, D.: System-Audit. Berlin: Beuth 1987.

GAUSEMEIER 1994

Gausemeier, J. (Hrsg.): CAD ´94 - Produktdatenmodellierung und Prozessmodellierung als Grundlage neuer CAD-Systeme, Paderborn. München: Carl Hanser, 1994.

GAUSEMEIER ET AL. 1996

Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: Szenario-Management; Planen und Führen mit Szenarien. 2. Auflage. München: Hanser 1996.

GAUSEMEIER ET AL. 1997

Gausemeier, J. u.a.: Rechnerunterstütze Methode zur Optimierung von Geschäftsprozessen. ZWF 92 (1997) 7-8, S. 347-350.

GOEBEL 1996

Goebel, D.: Modellbasierte Optimierung von Produktentwicklungsprozessen. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996. (VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 2: Fertigungstechnik, Nr. 385)

GOLDSTEIN 1996

Goldstein, B.: Forderungen aus innovativen Entwicklungsprozessen an die Prozeßmodellierung. wt – Produktion und Management 86 (1996) 9, S. 482.

GOLDSTEIN 1999

Goldstein, B.: Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung. München: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften 1999. Vorabdruck zur Dissertation.

GOLDSTEIN & MURR 1997

Goldstein, B.: Murr, O.: Prozesse optimieren - aber systematisch! In: Die Neue Fabrik. Landsberg: verlag moderne industrie 1997, S.26-27

GOMEZ ET AL. 1997

Gomez, A., Kress, M.; Müller, S.: Digital Mock-Up in der Einbau- und Montagesimulation. In: Neue Generationen von CAD/CAM-

Systemen, München. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997, S. 373-356. (VDI-Berichte 1357)

GRABOWSKI U. A. 1993

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

GRABOWSKI ET AL. 1995

Grabowski, H. u.a.: Prozeßmodellierung und Simulation im Produktlebenszyklus. In: Simulation in der Praxis - Neue Produkte effizienter entwickeln, Karlsruhe. Düsseldorf: VDI-Verlag 1995, S. 161-175. (VDI-Berichte 1215)

HAASIS 1995

Haasis, S.: Integrierte CAD-Anwendungen: Rationalisierungspotentiale und zukünftige Einsatzpotentiale. Berlin u.a.: Springer 1995.

HACKSTEIN 1989

Hackstein, R.: Produktionsplanung und –steuerung (PPS): Ein Handbuch für die Betriebspraxis. 2., überarb. Aufl. Düsseldorf: VDI-Verlag 1989.

HAMMER & CHAMPY 1994

Hammer, M.; Champy, J.: Business Reengineering. Die Radikalkur für das Unternehmen. Frankfurt, New York: Campus1994.

HANEWINCKEL 1994

Hanewinckel, F.. Entwicklung einer Methode zur Bewertung von Geschäftsprozessen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994. (VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 16: Technik und Wirtschaft, Nr. 71)

HARRINGTON 1991

Harrington, H.J.: Business Process Improvement. New York: McGraw-Hill 1991.

HERING U. A. 1996

Hering, E. u. a.: Zertifizierung nach DIN EN ISO 9000 - Prozeßoptimierung und Steigerung der Wertschöpfung. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1996.

HILLER 1997

Hiller, F.: Ein Konzept zur Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung. Dissertation Universität Kaiserslautern 1997.

HIRSCHBERG ET AL. 1999

Hirschberg, A.; Dürrschmidt, S.; Selke, C.; Reinhart, G.: Reaktionsfähigkeit für Unternehmen - Eine Antwort auf turbulente Märkte. ZWF 94 (1999) 1-2, S. 21-24.

HOFMANN 1972

Hofmann, R.: Interne Revision, Organisation und Aufgaben. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1972.

HORVATH 1993

Horvath, P.: Target Costing, Stuttgart: Schäffer-Pöschel 1993.

HORVATH & MAYER 1989

Horvath, P.; Mayer, R: Prozeßkostenrechnung. In: Controlling 4 (1989) 7, S. 214-219.

IMAI 1986

Imai, M.: Kaizen - The Key to Japan´s Competitive Succes, McGraw-Hill, New York u.a., 1986.

KAESELER 1996

Kaeseler, J.: Marktanalyse Geschäftsprozeßoptimierung: Softwarewerkzeuge zur Unterstützung der Geschäftsprozeßplanung und –optimierung. Dortmund: Verlag Praxiswissen 1996.

KAMPHAUSEN 1999

Kamphausen, J.: Prozeßmanagement in der Produktentwicklung. Aachen: Shaker 1999. (Berichte aus der Produktionstechnik Band 3/99)

KIENINGER 1994

Kieninger, M.: Wie man mit Prozeßzeitenmanagement die Durchlaufzeit senkt. In: Horváth, P. (Hrsg.): Kunden und Prozesse im Fokus. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1994, S. 233-248.

KING 1989

King, B.: Better Designs in Half the Time. Methuen (USA): GOAL/QPC 1989.

KLABUNDE ET AL. 1997

Klabunde, S., Borowsky, R.; Schäfer, G.; Liebert, M.: Multimedia- und Agententechnologieeinsatz in der integrierten Produktentwicklung und Prozeßplanung. In: Westkämper, E. u. Schraft, R.D. (Hrsg.): 2. GiPP-Fachforum 25.6.1997. Stuttgart 1997.

KNICKEL 1997

Knickel, V.: Festaltung von Kommunikationsprozessen an den Schnittstellen in der Produktentwicklung. Dissertation Universität Kaiserslautern 1997.

KOCH 1996

Koch, O.: Workflow-Management - Prozeßorientiertes Arbeiten mit der Unternehmens-DV. Haar bei München: Markt&Technik, 1996.

KOEPFER 1991

Koepfer, T.: 3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung – ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsteilung. Berlin u.a.: Springer 1991 (iwb Forschungsberichte Nr. 40).

KÖHLER 1997

Köhler, R.: Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen varinatenreichen Kleinserienprodukten. Berlin u.a.: Springer 1997 (iwb Forschungsberichte Nr. 103).

KOYTEK 1997/98

Koytek, T.: Virtuelles Prototyping mit Digital Mockup. Engineering Management (1997/98), S. E23-E26.

KRALLMANN 1996

Krallmann, H.: Systemanalyse im Unternehmen: Geschäftsprozeßoptimierung, partizipative Vorgehnsmodelle, objektorientierte Analyse. 2. Auflage. München, Wien: Oldenbourg 1996.

KRALLMANN & BOEKHOFF 1996

Krallmann, H.; Boekhoff, H.: Technologische Unterstützung der lernenden Organisation. Office Management 1-2 (1996), S. 22-26.

KRAUSE 1997

Krause, F.-L.: Auf dem Weg zur virtuellen Produktentwicklung. In: Neue Generationen von CAD/CAM-Systemen, München. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997, S. 17-33. (VDI-Berichte 1357)

KRUMM 1994

Krumm, S.: Bewertung des Ressourceneinsatzes bei prozeßorientierter Informa-tionsbereitstellung. Aachen: Shaker 1994. Berichte aus der Produktionstechnik Band 28/94.

KÜHNLE ET AL. 1996

Kühnle, H. u.a.: Agentenorientierte Techniken zur Unterstützung der Produktentwicklung. ZWF 91 (1996) 12, S. 612-614.

LAUFENBERG 1996

Laufenberg, L.: Methodik zur integrierten Projektgestaltung für die situative Umsetzung des Simultanous Engineering. Aachen: Shaker 1996. Berichte aus der Produktionstechnik Band 9/96.

LINDEMANN & BERNARD 1996

Rapid Prototyping in der Konstruktion. In: Rapid Prototyping. Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt. Augsburg: Herbert Utz Verlag Wissenschaft 1997, S. 27-50.

LINDEMANN & KLEEDÖRFER 1997

Lindemann, U.; Kleedörfer, R.: Erfolgreiche Produkte durch Integrierte Produktentwicklung. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J.(Hrsg.): Mit Schwung zum Aufschwung – Information, Inspiration, Innovation, München. Landsberg/Lech: Moderne Industrie 1997.

LINDEMANN & STETTER 1998

Lindemann, U.; Stetter, R.: Industrial Application of the method „Early Determination of Product Properties“. In: Proceedings of the ASME 1998, Design, Engineering, Technical Conferences and Computers in Engineering Conference. Atlanta: ASME International 1998.

LINDEMANN ET AL. 1997

Lindemann, U.; Reinhart, G.; Irlinger, R.; Loferer, M.: Integrierte Gestaltung von Produkt und Produktionsmittel. In: Neue Generationen von CAD/CAM-Systemen, München. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997, S. 161-182. (VDI-Berichte 1357)

LINNER 1997

Linner, S.: Konzept einer integrierten Produktentwicklung. Berlin u.a.: Springer 1997 (iwb Forschungsberichte Nr. 88).

LITKE 1995

Litke, H.-D.:Projektmanagement. 3.Auflage. München: Carl Hanser, 1995.

LORENZEN 1997

Lorenzen, J.: Simulationsgestützte Kostenanalyse in produktorientierten Fertigungstrukturen. Berlin u.a.: Springer 1997 (iwb Forschungsberichte Nr. 107).

LULLIES ET AL. 1993

Lullies, V.; Bollinger, H.; Weltz, F.: Wissenslogistik. Frankfurt: Campus, 1993.

LULLIES ET AL. 1998

Lullies, V.; Pastowsky, M.; Grandke, S.: Geschäftsprozesse optimieren – ohne Diktat der Technik. In: Harvard Business Manager (1998) 2, S. 65-72.

MADAUSS 1994

Madauss, B. J.: Handbuch Projektmanagement. 5.Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1994.

MARTIAL 1993

Martial, von F.: Planen in Multi-Agenten Systemen. In: Müller H.J. (Hrsg.): Verteilte Künstliche Intelligenz - Methoden und Anwendungen. Mannheim: BI Wissenschaftsverlag 1993, S. 92-132.

MASING 1994

Masing, W.: Handbuch Qualitätsmanagement, München: Carl Hanser 1994

MERKEL 1995

Merkel, H.: Logistik Managementsysteme. München: Oldenbourg, 1995.

MERTINS ET AL. 1994

Mertins, K.; u. a.: Modellierungsmethoden für rechnerintegrierte Produktionsprozesse. München: Carl Hanser 1994

MILBERG 1997

Milberg, J.: Produktion – Eine treibende Kraft für unsere Volkswirtschaft. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J.(Hrsg.): Mit Schwung zum

Aufschwung – Information, Inspiration, Innovation, München. Landsberg: Moderne Industrie 1997.

MILBERG 1998

Milberg, J.: Perspektiven für die Produktion aus der Sicht des Fahrzeugbaus. In: Bey, I. (Hrsg.): Karlsruher Arbeitsgespräche 1998: Produktion 2000 – Ergebnisse und Zukunftschancen. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe 1998.

MILBERG & KOEPFER 1990

Milberg, J.; Koepfer, T.: Wettbewerbsvorteile durch rechnerintegrierte Konstruktion und Produktion. In: VDI-Berichte Nr. 830. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990.

MORRIS 1994

Morris, D.; Brandon, J.: Revolution im Unternehmen: Reengineering für die Zukunft. Landsberg/Lech: Moderne Industrie 1994.

MÜLLER 1993

Müller, H.J. (Hrsg.): Verteilte Künstliche Intelligenz - Methoden und Anwendungen. Mannheim: BI Wissenschaftsverlag 1993.

MÜLLER 1995

Müller, K.: Management für Ingenieure. 2.Auflage. Berlin u.a.: Springer 1995.

Mößmer 1999

Mößmer, H.: Simulationsbasierte Regelung zeitvarianter Produktionssysteme. München: Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften 1999. Vorabdruck zur Dissertation.

MURR 1995

Murr, Otto: Methoden und Tools zur Geschäftsprozeßoptimierung (GPO). In: Reinhart, G.; Milberg, J.: Unternehmensorganisation. Schlüssel für eine effiziente Produktion. München: Herbert Utz Wissenschaft 1995, S. 67-80.

MURR 1997

Murr, O.: Methodische Optimierung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen. In: iwb Newsletter 5 (1997) 4, S. 3-4.

NEUMANN 1996

Neumann, A.: Quality Function Deployment: Qualitätsplanung für Serienprodukte, Aachen: Shaker 1996. (IPT Berichte aus der Produktionstechnik, Band 29)

NIPPA & PICOT 1995

Nippa, M.; Picot A.: Prozeßmanagement und Reengineering. Frankfurt: Campus 1995.

OCHS 1992

Ochs, B.: Methoden zur Verkürzung der Produktentstehungszeit. München: Hanser, 1992.

OLLING 1998

Olling, G.: Human and technological Challenges in global Collaboration. In: IX. Internationales Produktionstechnisches Kolloquium 98 (Tagungsband). Berlin: Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik 1998, S. 61-66.

PAHL & BEITZ 1993

Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung. 3. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin u.a.: Springer 1993

PFEIFER 1993

Pfeifer, T.: Qualitätsmanagement. München: Carl Hanser, 1993.

PFEIFER ET AL. 1996

Pfeifer, T. u.a.: Transparente Projektreife in der Entwicklung. ZWF 91 (1996) 11, S. 564-567.

PLATZ 1986

Platz, J.; Schmelzer, H.: Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung. Berlin: Springer, 1986.

PLATZ 1994

Platz, J.: Methoden und Techniken des Projektcontrollings. In: Logistik-Lösungen für die Praxis. 11-Kongress. Band 1: 1994.

PLONKA & OLLING 1997

Plonka, F. u. Olling, G. (Hrsg.): Computer Applications in Production and Engineering. London: Chapman Hall 1997, S. 33-46.

PROSCI 1997

ProSci [Hrsg.]: Best in Business Process Reengineering and Process Design. New Jersey: Eigenverlag 1997.

RADTKE & WARNECKE 1995

Radtke, M.; Warnecke, G. (Hrsg.): Konzept zur Gestaltung prozeß- und integrationsgerechter Produktmodelle. Kaiserslautern: 1995. (Produktionstechnische Berichte 19).

RATHNOW 1992

Rathnow, P.: Integriertes Variantenmanagement: Bestimmung, Realisierung und Sicherung der optimalen Produktvielfalt. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1992. Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg.

REFA 1995

REFA (Hrsg.): Den Erfolg vereinbaren: Führen mit Zielvereinbarungen. München: Hanser 1995.

REHKUGLER & PODDIG 1992

Rehkugler, H.; Poddig, T.: Anwendungsperspektiven und Anwendungsprobleme von Künstlichen Neuronalen Netzwerken. Information Management (1992) 2, S. 50-58.

REICHWALD & CONRAT 1995

Reichwald, R.; Conrat, J.-I.: Integrationslösungen für die Produktentwicklung: Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf der Basis von Änderungskosten. VDI-Z 137 (1995) 5, S. 58-60.

REICHWALD & SCHMELZER 1990

Reichwald, R.; Schmelzer, H. J.: Durchlaufzeiten in der Entwicklung. München, Wien: R. Oldenbourg 1990.

REINHART 1997

Reinhart, G.: Innovative Prozesse und Systeme – Der Weg zu Flexiblilität und Wandlungsfähigkeit. In: Reinhart, G. (Hrsg.); Milberg, J.(Hrsg.): Mit Schwung zum Aufschwung – Information, Inspiration, Innovation, München. Landsberg/Lech: Moderne Industrie 1997.

REINHART 1998

Reinhart, G.: Simultan ist gut – Gemeinsam ist besser: Kooperative Produkt- und Anlagenentwicklung. In: 14. Deutscher Montagekongreß (Tagungsband). München: 18.;19.3.1998, S. 1-18.

REINHART & GOLDSTEIN 1995

Reinhart G.; Goldstein, B.: Modellierung der Produktion – eine ganzheitliche Aufgabe. Vortrag FORSYS-Kolloquium 18.10.1995.

REINHART & BRANDNER 1996

Reinhart, G.; Brandner, S.: Integration von Zulieferern in das Daten- und Prozeß-management. ZWF 91 (1996) 9, S. 391-394.

REINHART & SCHNAUBER 1997

Reinhart, G. und Schnauber, H. [Hrsg.]: Qualität durch Kooperation. Interne und externe Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Berlin u.a.: Springer 1997.

REINHART ET AL. 1996

Reinhart, G.; Lindemann, U.; Heinzl, J.: Qualitätsmanagement. Berlin: Springer 1996.

REINHART ET AL. 1997A

Reinhart, G.; Reindl, P.; Murr, O.: Gestaltung von Digital Mock-Up Entwicklungsprozessen. In: Information Management - Sonderausgabe „Business Engineering“. (1997) 7, S. 22-25.

REINHART ET AL. 1997B

Reinhart, G.; Lindemann, U.; Bichlmaier, C.; Feldmann, C.; Glander, M.; Schmalzl, B.; Zanker, W.: Integrierte Produktentwicklung in Konstruktion und Montageplanung. Projektmanagement 8 (1997) 1, S. 4-15.

REINHART ET AL. 1998A

Reinhart, G.; Hirschberg, A.; Grunwald, S.: Turbulentes Umfeld zwingt Unternehmen zum Wandel. In: iwb Newsletter 6 (1998) 4. S. 1-2.

REINHART ET AL. 1998B

Reinhart, G.; Grunwald, S.; Murr, O.; Goldstein, B.: Management integrierter Digital Mock-Up-Entwicklungsprozesse. ZwF (1998) 12. S. 632-636.

RIX ET AL. 1995

Rix, J. u.a.: Das virtuelle Produkt - neue Präsentations- und Interaktionstechniken in der Produktentwicklung. In: Simulation in der Praxis -

Neue Produkte effizienter entwickeln, Fulda. Düsseldorf: VDI-Verlag 1995, S. 313-323. (VDI-Berichte 1215)

ROGGATZ 1998

Roggatz, A.: Entscheidungsunterstützung für die frühen Phasen der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung. Aachen: Shaker 1998. (Berichte aus der Produktionstechnik; Bd. 98/25)

ROMMEL ET AL. 1993

Rommel, G.; et al.: Einfach überlegen – Das Unternnehmenskonzept. Das die Schlanken schlank und die Schnellen schnell macht. Stuttgart: Schäffer-Poeschl 1993.

SCHÄFER 1998

Schäfer, G.: Methoder zur Geschäftsprozeßgestaltung für kreative Prozesse in der Produkt- und Prozeßplanung. In: 3. GiPP-Fachforum: Neue Ansätze im Geschäftsprozeßmanagement – Lösungen und Praxiserfahrungen. Siemens AG München Perlach. 15./16. Juli 1998.

SCHEER 1994A

Scheer, A.-W.: Architektur integrierter Informationssysteme: Grundlagen der Unternehmensmodellierung, 2.Auflage. Berlin u.a.: Springer 1994.

SCHEER 1994B

Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, 5.Auflage. Berlin u.a.: Springer 1994.

SCHMALZL 1996

Schmalzl, B.: Ein Projektleitsystem im integrierten Produkterstellungsprozeß. VDI-Fortschrittsberichte, Reihe 20 - Rechnergestützte Verfahren. Nr. 202. Düsseldorf: VDI Verlag 1996.

SCHMELZER 1990

Schmelzer, H. J.: Steigerung der Effektivität und Effizienz durch Verkürzung von Entwicklungszeiten. In: Reichwald, R. (Hrsg.); Schmelzer, H. J. (Hrsg.): Durchlaufzeiten in der Entwicklung - Praxis des industriellen F & E-Managements. München: Oldenbourg 1990, S. 27-63.

SCHÖNHEIT & LACKNER 1996

Schönheit, M.; Lackner, U.: Prozeßkennzahlen zur branchenübergreifenden Prozeßbewertung. VDI-Z 138 (1996) 9, S. 64-67.

SCHUSTER & MURR 1998

Schuster, G.; Murr, O.: Gleichzeitig schneller und besser? In: Reinhart, G.: Montage-Management - Lösungen zum Montieren am Standort Deutschland. München: TCW 1998 (TCW-Report Nr. 6), S. 107-115.

SCHÜRRLE 1996

Schürrle, L.-H.: Prozeßorientierte Kennzahlen als Analyseinstrument. Aachen: Shaker 1996. Dissertation TH Darmstadt.

SERVATIUS 1994

Servatius, H.-G.: Reengineering-Programme umsetzen: Von erstarrten Strukturen zu fließenden Prozessen, Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1994.

SPUR 1997

Spur, G.: Auf dem Weg zur virtuellen Produktentwicklung. ZWF 92 (1997) 3, S. 74-75.

SPUR & KRAUSE 1997

Spur, G., Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt. Management der CAD-Technik. München: Hanser 1997

SPUR ET AL. 1993

Spur, G.; Mertins, K.; Jochem, R.: Integrierte Unternehmensmodellierung. In: Warneke, H.-J. und Schuster, R. (Hrsg.): Entwicklungen zur Normung von CIM. Berlin u.a.: Beuth 1993.

STAEHLE 1969

Staehle W.H.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme als Mittel der Organisation und Führung von Unternehmen. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler 1969

STRICH 1996

Strich, D.: Auditierung als Controllinginstrument für Geschäftsprozesse. Frankfurt am Main: Europäischer Verlag der Wissenschaften 1996.

STUFFER 1994

Stuffer, R.: Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung. München, Wien: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München; Bd. 14)

STUFFER & KLEEDÖRFER 1997

Stuffer, R.; Kleedörfer, R.: Prozeßmanagement im Wandel - zeitgerechte Ansätze zur Prozeßplanung und -steuerung. EDM-Report 3 (1997) 2, S. 42-47.

TÖNSHOFF 1995

Tönshoff, H. K. u. a..: Qualitative Analyse von Geschäftsprozessen. ZWF 90 (1995) 7-8, S. 381-384.

UHLMANN 1998

Uhlmann, E.: Regionale Stärken für globale Chancen durch technologische Innovationen. In: IX. Internationales Produktionstechnisches Kolloquium 98 (Tagungsband). Berlin: Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik 1998, S. 13-27.

ULUSOY 1996

Ulusoy, Y.: EDM und technische Organisation. ZWF 91 (1996) 4, S. 152-153.

VDA 1998

VDA (Hrsg.): International Auto Statistics. In: Das Auto - international - in Zahlen. Frankfurt: Eigendruck 1998.

VDI RICHTLINIE 2216

VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2216: Einführungsstrategien und Wirtschaftlichkeit von CAD-Systemen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994.

VDI RICHTLINIE 2221

VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.

VDMA 1999

VDMA (Hrsg.): Für mehr Wettbewerb und Eigeninitiative. Gemeinsame wirtschaftpolitische Positionen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus 1999 (Informationsbroschüre). Frankfurt: Eigendruck 1999.

VOSSMANN 1999

Vossmann, D.: Wissensmanagement in der Produktentwicklung durch Qualitätsmethodenverbund und Qualitätsmethodenintegration. Dissertation TH Karlsruhe

WARNECKE 1991

Warnecke, G.: Expertensysteme in CIM. Berlin u.a.: Springer 1991.

WARSCHAT 1994

Warschat, J.; Berndes, S.: Simultaneous Engineering - Organisation und Informationsverarbeitung. In: Integrierte Produktentwicklung, München. Düsseldorf: VDI-Verlag 1994, S. 183-205. (VDI-Berichte 1136)

WEISS & KRCMAR 1996

Weiss, D.; Krcmar, H.: Workflow-Management: Herkunft und Klassifikation. Wirtschaftsinformatik 38 (1996) 5, S. 503-513.

WESTKÄMPER 1999

Westkämper, E.: Die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen. In: wt Werkstattechnik 89 (1999) 4, S. 131-140.

WEULE 1996

Weule, H.: Die Bedeutung der Produktentwicklung für den Standort Deutschland. VDI-Tagung Informationsverabeitung in der Konstruktion 1996. München: 22./23.10.1996.

WIENDAHL 1997

Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. München, Wien: Hanser 1993.

WIENDAHL 1997

Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganiation für Ingenieure. 4. Auflage. München: Carl Hanser 1997.

WIEDEMAYER 1992

Wiedemayer, G.: Bausteine des Erfolgs, Organisation: Quantensprung durch Optimierung. Industrie Anzeiger 21 (1992), S. 40-41.

WILDEMANN 1993, S.1

Wildemann, H.: Optimierung von Entwicklungszeiten - Just-In-Time in Forschung & Entwicklung und Konstruktion. München: TCW Transfer Centrum 1993.

WILDEMANN 1994

Wildemann, H.: Fertigungsstrategien: Reorganisationskonzepte für eine schlanke Produktion und Zulieferung. 2.Auflage. München: Transfer Centrum GmbH 1994.

WILDEMANN 1995A

Wildemann, H.: Prozeß-Benchmarking. München: TCW Transfer Centrum GmbH 1995.

WILDEMANN 1995B

Wildemann, H.: Produktionscontrolling – Systemorientiertes Controlling schlanker Produktionsstrukturen. 2. Unbearb. Auflage. München: TCW Transfer Centrum 1995.

WILDEMANN 1996

Wildemann, H.: Controlling im TQM. Berlin u.a.: Springer 1996 (Qualitätsmanagement).

WILKE 1982

Wilke, H.: Systemtheorie: Eine Einführung in die Grundprobleme. Stuttgart: Fischer 1982.

WISCHNEWSKI 1993

Wischnewski, E.: Modernes Projektmanagement. 4.Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg & Sohn, 1993.

WOMACK ET AL. 1992

Womack, J; Jones, D.; Roos, D.: Die zweite Revolution in der Autoindustrie. 4.Auflage. Franfurt/Main, New York: Campus 1992.

ZAIRI & LEONHARD 1994

Zairi, M.; Leonhard, P.: Practical Benchmarking: The complete Guide. London: Chapman & Hall 1994.

ZELEWSKI 1993

Zelewski, S.: Koordination von Produktionsprozessen - Ein Ansatz auf Basis von Multi-Agenten-Systemen. Information Management 2 (1993), S. 14-24.

ZIELASEK 1995

Zielasek, G.: Projektmanagement. Berlin: Springer 1995.

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, E.*
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.*
Schneiderodierte 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 *Barthelmeß, 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 *Wrba, 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 Karosseriepreßteilen auf Risse und Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung
1992 · 125 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-53965-4

34 *Fischbacher, J.*
Planungsstrategien zur stömungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten
1991 · 60 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-54027-X

35 *Moser, O.*
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 3-540-55200-0

44 *Petry, M.*
Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmbaukastens für robotergeführte Klebeprozesse
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 *Schröfer, 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 Zustandesregelung 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.*
Rechnergestütze Simulationswerkzeuge zur Effizienzsteigerung des Industrierobotereinsatzes
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 *Raith, 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 *Zäh, M. F.*
Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen
1995 · 95 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-58624-5

80 *Zwanzer, 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 *Simon, 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 Teilbereitstellung in Montageanlagen
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58999-6

88 *Linner, 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 *Deutschle, 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 Qualitätsmanagment unter Verwendung von Felddaten
1996 · 67 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-61678-0

102 *Pischeltsrieder, 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, Ch.*
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.*
Steuerungsintegrierte 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 Ähnlichteilsuche 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.*
Erfahrungsgeleitete 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**
115 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**
95 Seiten · ISBN 3-931327-05-1
6 **Materialbearbeitung mit Laser · von der Planung zur Anwendung**
86 Seiten · ISBN 3-931327-76-0
7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-77-9
8 **Qualitätsmanagement · der Weg ist das Ziel**
130 Seiten · ISBN 3-931327-78-7
9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen · Analysen und Konzepte**
120 Seiten · ISBN 3-931327-79-5
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**
165 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**
105 Seiten · ISBN 3-931327-20-5
21 **Rapid Prototyping · Rapid Tooling · Schnell zu funktionalen Prototypen**
95 Seiten · ISBN 3-931327-21-3
22 **Mikrotechnik für die Produktion · Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
95 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 · Produktivitätsteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
95 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 Mikrobauteilen**
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

52 **Rapid Manufacturing · Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien**
124 Seiten · ISBN 3-89675-052-6

53 **lieferbar ab ca. 01/01**

54 **Virtuelle Produktion · Integrierte Prozess- und Produktsimulation**
133 Seiten · ISBN 3-89675-054-2

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 Schneider, Burghard
Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile
1999 · 183 Seiten · 98 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-559-5

123 Goldstein, Bernd
Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung
1999 · 170 Seiten · 65 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-546-3

124 Mößmer, Helmut E.
Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme
1999 · 164 Seiten · 67 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-585-4

125 Gräser, Ralf-Gunter
Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern
1999 · 167 Seiten · 63 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-603-6

126 Trossin, Hans-Jürgen
Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik
1999 · 162 Seiten · 75 Abb. · 11 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-614-1

127 Kugelmann, Doris
Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern
1999 · 168 Seiten · 68 Abb. · 2 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-615-X

128 Diesch, Rolf
Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen
1999 · 160 Seiten · 69 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-618-4

129 Lulay, Werner E.
Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen
1999 · 182 Seiten · 51 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-620-6

130 Murr, Otto
Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen
1999 · 178 Seiten · 85 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-636-2

131 Macht, Michael
Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping
1999 · 170 Seiten · 87 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-638-9

132 Mehler, Bruno H.
Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnerverbünden
1999 · 152 Seiten · 44 Abb. · 27 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-645-1

133 Heitmann, Knut
Sichere Prognosen für die Produktionsptimierung mittels stochastischer Modelle
1999 · 146 Seiten · 60 Abb. · 13 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-675-3

134 Blessing, Stefan
Gestaltung der Materialflußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen
1999 · 160 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-690-7

135 Abay, Can
Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik
2000 · 159 Seiten · 46 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-697-4

136 Brandner, Stefan
Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken
2000 · 172 Seiten · 61 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-715-6

137 Hirschberg, Arnd G.
Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung
2000 · 165 Seiten · 49 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-729-6

138 Reek, Alexandra
Strategien zur Fokuspositionierung beim Laserstrahlschweißen
2000 · 193 Seiten · 103 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-730-X

139 Sabbah, Khalid-Alexander
Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen
2000 · 148 Seiten · 75 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-739-3

140 Schliffenbacher, Klaus U.
Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken
2000 · 187 Seiten · 70 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-754-7

141 Sprenzel, Andreas
Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung
2000 · 144 Seiten · 55 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-757-1

142 Gallasch, Andreas
Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion
2000 · 150 Seiten · 69 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-781-4

143 Cuiper, Ralf
Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen
2000 · 168 Seiten · 75 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-783-0 · lieferbar ab ca. 02/01

144 Schneider, Christian
Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion
2000 · 180 Seiten · 66 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-789-X