

Lehrstuhl für  
Montagesystemtechnik und Betriebswissenschaften  
der Technischen Universität München

**Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des  
Wandels in der Produktion**

**Andreas Gallasch**

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

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. E. Igenbergs

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier,  
Universität Gesamthochschule Paderborn

Die Dissertation wurde am 31.01.2000 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 03.05.2000 angenommen.



***Forschungsberichte***

---

***iwb***

***Band 142***

***Andreas Gallasch***

***Informationstechnische Architektur  
zur Unterstützung des Wandels in  
der Produktion***

---

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

---

***Herbert Utz Verlag***

**UTZ**

# 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 Titeldatensatz für diese Publikation ist  
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

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

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

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2000

ISBN 3-89675-781-4

Printed in Germany

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

## Geleitwort des Herausgebers

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

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

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

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

*Gunther Reinhart*



## **Vorwort**

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

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, dem Leiter dieses Instituts, gilt mein besonderer, herzlicher Dank für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung, die zur erfolgreichen Durchführung meiner Arbeit beigetragen hat.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Joachim Milberg, dem ehemaligen Institutsleiter, bedanke ich mich sehr herzlich für die gebotene Möglichkeit zur Promotion am *iwb* und die anfängliche Betreuung der Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Professor für Rechnerintegrierte Produktion am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn, bedanke ich mich für die Übernahme des Korreferates und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich.

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

München, im Juni 2000

*Andreas Gallasch*





# Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i> .....	<i>i</i>
<i>Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen</i> .....	<i>iv</i>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung.....	1
1.2 Aufbau der Arbeit .....	4
<b>2 Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen</b> .....	<b>6</b>
2.1 Übersicht .....	6
2.2 Änderungen von Strukturen in der Produktion.....	6
2.3 Der Regelkreis der Produktionslogistik .....	11
2.4 Das Informationsmanagement .....	17
<b>3 Aus Strukturierung und Steuerung der Produktion abgeleitete Anforderungen</b> ....	<b>22</b>
3.1 Übersicht .....	22
3.2 Freiheitsgrade der Strukturierung in der Produktion .....	22
3.2.1 Prinzipien der Strukturbildung.....	22
3.2.2 Zentrale und dezentrale Aufgabenverteilung .....	24
3.3 Grundlegende Steuerungsstrategien in der Produktion.....	28
3.4 Zusammenfassung .....	31
<b>4 Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen</b> .....	<b>33</b>
4.1 Übersicht .....	33
4.2 Klassifizierung der Produktion.....	33
4.3 PPS-Konzepte .....	38
4.4 Logistikatorientierter PPS-Ansatz.....	39
4.5 Erweiterte Steuerungsstrategien der PPS.....	41
4.6 Leitstandsprinzip.....	43
4.7 Zusammenfassung .....	44

<b>5</b>	<b><i>Grundlagen der Gestaltung von Informationssystemen</i></b> .....	<b>46</b>
5.1	Übersicht .....	46
5.2	Softwarearchitekturen .....	46
5.3	Common Object Request Broker Architecture (CORBA).....	52
5.4	Verteilte Agenten.....	55
5.5	Zusammenfassung .....	58
<b>6</b>	<b><i>Modellierung in Produktionslogistik und Informationstechnik</i></b> .....	<b>59</b>
6.1	Übersicht .....	59
6.2	Einführung.....	59
6.3	Modellierung zur Strukturierung und Gestaltung von Abläufen .....	61
6.4	Modellierung in der Informationstechnik .....	64
6.5	Zusammenfassung .....	69
<b>7</b>	<b><i>Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion (ASDIM-P)</i></b> .....	<b>70</b>
7.1	Übersicht .....	70
7.2	Lösungsansätze .....	70
7.3	<b>Grundprinzipien des ASDIM-P-Konzeptes</b> .....	<b>72</b>
7.3.1	Überblick .....	72
7.3.2	Systemtechnische Modellierung der Produktion .....	72
7.3.3	Kunden-Lieferanten-Beziehung .....	74
7.3.4	Aufgabenorientierung.....	76
7.3.5	Ablauforientierte Beschreibung der Aufgabe.....	77
7.3.6	Steuerungsstrategieunabhängige Darstellung der Abläufe .....	77
7.4	<b>Aufbau eines strukturdynamischen Modells der Produktion</b> .....	<b>79</b>
7.4.1	Systemtechnische Grundmodellierung .....	79
7.4.2	Aufgabenagenten als Grundbausteine des Modells.....	80
7.4.3	Unterstützende Verwaltungs- und Planungsagenten.....	86
7.4.4	Aufbau dynamischer Beziehungen mit Hilfe von Verhandlungen .....	88
7.4.5	Erstellung und Bewertung von Planungsalternativen .....	98

<b>7.5</b>	<b>Aufbau von Informationssystemen basierend auf ASDIM-P.</b>	<b>103</b>
7.5.1	Übersicht	103
7.5.2	Offene agentenorientierte Architektur	103
7.5.3	Integrierte Modellierung	106
<b>7.6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>108</b>
<b>8</b>	<b><i>Beispielhafte Umsetzung</i></b>	<b>110</b>
<b>8.1</b>	<b>Übersicht</b>	<b>110</b>
<b>8.2</b>	<b>Beispielhafter Aufbau eines Informationssystems</b>	<b>110</b>
<b>8.3</b>	<b>Verändern von Strukturen und Steuerungsstrategien</b>	<b>113</b>
<b>9</b>	<b><i>Gültigkeitsbereich und Nutzenbetrachtung</i></b>	<b>116</b>
9.1	Gültigkeitsbereich	116
9.2	Nutzenbetrachtung	118
<b>10</b>	<b><i>Zusammenfassung und Ausblick</i></b>	<b>120</b>
<b>11</b>	<b><i>Literatur</i></b>	<b>123</b>

### Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen

AACE	Agile Agent Control Environment for Supply Chain Management
ACL	Agent Control Language
AMS	Autonomous Manufacturing Systems
ASDIM-P	Architektur eines strukturdynamischen Informationsmanagements für die Produktionslogistik
BoA	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe
CA	Kontrollagent, Controlling-Agent
CFM <sub>i</sub>	Kritischer Faktor (critical factor measure)
c <sub>n</sub>	Einzelne Fähigkeit (capability)
C <sub>i</sub>	Tupel von Fähigkeiten
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
COSS	Common Object Services Specification
DCOM	Distributed Component Object Model
EA	Störungsbehandlungsagent, Errorhandling-Agent
ERP	Enterprise Resource Planning
FMS	Flexible Manufacturing System
FTS	Fahrerloses Transportsystem
FZ	Fortschrittszahlensteuerung
g <sub>i</sub>	Einzelne beschreibende Größe
IDL	Interface Definition Language
j <sub>1</sub>	Einzelne Aufgabe (job)
J <sub>i</sub>	Tupel von Aufgaben
JA	Aufgabenagent, Job-Agent

## Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen

---

KQML	Knowledge Query Mark-up Language
MRP I	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Resource Planning
OA	Auftragsagent, Order-Agent
OFC <sub>i</sub>	Summe aller in Geldeinheiten bewertbaren Kosten (objective factor cost)
OFM <sub>i</sub>	Objektiver Faktor (objective factor measure)
OMA	Object Management Architecture
OMG	Object Management Group
OPT	Optimised Production Technology bzw. Engpasssteuerung
ORB	Object Request Broker
OSEFA	Offener Objektorientierter Steuerungs-Baukasten für Fertigungsanlagen
PA	Planungsagent, Planning-Agent
p <sub>i</sub>	Einzelne Planungsalternative (plan)
P <sub>i</sub>	Tupel an Planungsalternativen
PM <sub>i</sub>	Gesamtbewertungsfaktor (package measure)
P <sub>N</sub>	Quantifizierende Größe
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
P <sub>U</sub>	Einheit
RA	Ressourcenagent, Resource-Agent
r <sub>i</sub>	Einzelne Ressource (resource)
R <sub>i</sub>	Tupel von Ressourcen
Rq <sub>i</sub>	Einzelne Anfrage (request)
SFM <sub>i</sub>	Subjektiver Faktor (subjective factor measure)
SFW <sub>k</sub>	Gewicht eines subjektiven Faktors (subjective factor weight)
SPW <sub>ik</sub>	Gewicht einer Alternative (subjective package weight)

## Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen

---

TA	Technologieagent, Technology-Agent
T <sub>akt</sub>	Heutiger Zeitpunkt
T <sub>B</sub>	Bearbeitungszeitpunkt
T <sub>FB</sub>	Frühester Bearbeitungszeitpunkt
T <sub>FL</sub>	Frühester Lieferzeitpunkt
T <sub>i</sub>	Tupel der Durchführungszeiten
t <sub>i</sub>	Einzelne Durchführungszeit
T <sub>L</sub>	Lieferzeitpunkt
T <sub>SB</sub>	Spätester Bearbeitungszeitpunkt
T <sub>SL</sub>	Spätester Lieferzeitpunkt
UML	Unified Modelling Language
ZAU <sub>i</sub>	Auftragszeit
ZBR	Bearbeitungszeit
ZR	Rüstzeitanteil

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Produktionsunternehmen werden durch die zunehmende Globalisierung mit neuen Wettbewerbern konfrontiert, die spezifische Wettbewerbsvorteile und eine hohe Lieferfähigkeit aufweisen. Darüber hinaus hat sich der Kundenwunsch wesentlich in Richtung Service und Dienstleistung erweitert. Die Unternehmen werden daher mehr denn je gefordert, individuelle Kundenwünsche schnell und wirtschaftlich in einem globalen Wettbewerb zu erfüllen [WIENDAHL & SCHEFFCZYK 1997, S. 175]. Dazu müssen sie neue Produkte schnell zur Serienreife bringen und dennoch eine wirtschaftliche und kontinuierliche Produktion von stets geänderten, individuellen und mit Dienstleistungen erweiterten Produkten gewährleisten [REINHART 1997, S. 175]. Neue und geänderte Produkte bilden somit die Potentiale der Unternehmen, um auf dem globalen Markt erfolgreich zu sein. Sie stellen aber hohe Anforderungen an die Produktion der Unternehmen [WESTKÄMPER 1996], da die Organisationsstrukturen und die Produktionssysteme so ausgeprägt sein müssen, dass sie an die jeweiligen Randbedingungen wie unterschiedliche Varianten eines Produktes und daraus resultierende unterschiedliche Stückzahlen pro Zeiteinheit optimal angepasst sind (Bild 1), um wirtschaftlich zu arbeiten.

Die beschriebenen schnellen Änderungen bei Produkten bedingen es somit, die Strukturen und die Abläufe in einer Produktion schnell verändern und leicht an neue Randbedingungen anpassen zu können.

Bei Änderungen von Strukturen und Abläufen stellen die Informationssysteme zur Unterstützung der Produktionslogistik, die für die Planung und Steuerung der Abläufe verantwortlich ist, heute einen erheblichen Hinderungsgrund dar, da diese Systeme an neue Anforderungen bezüglich organisatorischer Strukturen nicht einfach und wirtschaftlich anpassbar sind [MEYER 1990, KRAUSE 1997]. Sie stellen somit den hemmenden Faktor bei der Umstellung auf neue Strukturen und Abläufe dar. Bestehende Ansätze versuchen heute, die Informationssysteme optimal zur Unterstützung einer aufgebauten Struktur und der darin definierten Abläufe zu gestalten. Die Ansätze gehen zwar dabei von modularen Informationssystemen aus, um so leicht operative Systeme aufbauen zu können, jedoch ist

der stetige Wandel der Strukturen und der Abläufe bisher nicht berücksichtigt und vorge-  
sehen.

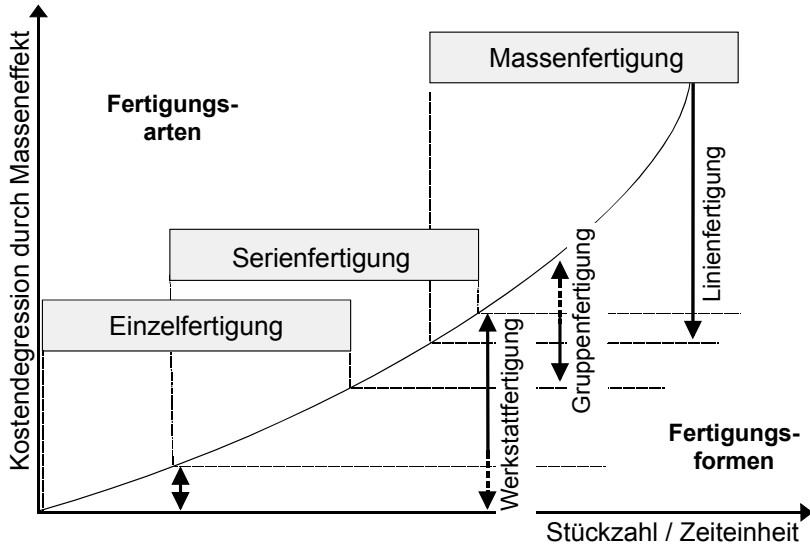


Bild 1: Abhängigkeit zwischen Fertigungsart und -form und den Stückzahlen pro Zeiteinheit eines Produktes [Henn & Kühnle 1996, S. 9-66]

Ziel dieser Arbeit ist es daher, die Grundlagen für die Informationstechnik zu schaffen, so dass Informationssysteme zusammen mit den Strukturen und Abläufen in Produktionsunternehmen schnell und einfach geändert werden können und die Produktion immer optimal an den Wettbewerb anpassbar ist.

Dabei soll es nicht Ziel sein, ein neues, allgemeingültig für die Produktionslogistik aufgebautes Informationssystem zu entwickeln, das in Konkurrenz zu verfügbaren, quasi standardisierten "Enterprise Resource Planning" (ERP) Systemen steht. Solch ein Ansatz steht nicht nur der beschriebenen Wandlungsfähigkeit im Wege, sondern würde auch allgemeingültige Strukturen und Abläufe in der Produktion bedingen. Nach REISCH U.A. [1991, S.65] – und durch die Erfahrung der betrieblichen Praxis belegt – findet sich immer eine Anforderung, die in einer Ausprägung einer Produktion spezifisch ist. Es gibt keine allgemeingültige Produktion, obwohl grundlegende Strukturen in jeder Produktion ähnlich sind. Die



## Einleitung

---

konkreten Anforderungen an die Funktionalität der Informationssysteme müssen daher immer im Einzelfall definiert werden.

Um das beschriebene Ziel zu erreichen, wird in dieser Arbeit eine informationstechnische Architektur entwickelt, die die Grundlage der Informationssysteme für die Produktionslogistik darstellt. Damit die maßgeblichen Anforderungen an diese Architektur Berücksichtigung finden, wird in einem ganzheitlichen Ansatz zum einen auf die Informationsnutzung in der Produktionslogistik und zum anderen auf die unterstützenden Methoden und Informationssysteme eingegangen (Bild 2). Weiterhin werden die Grundlagen der Informationstechnik berücksichtigt. Allen drei Ebenen liegt dabei die Änderung von Strukturen und Abläufen als Haupteinflussfaktor zu Grunde.

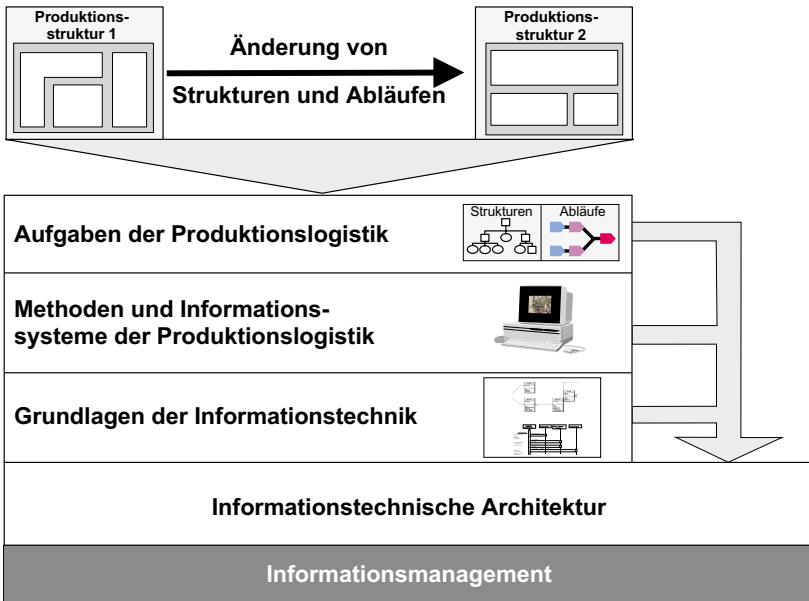
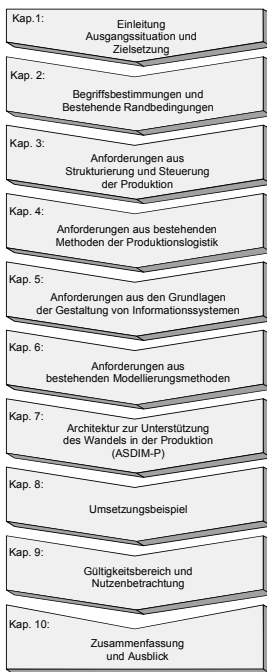


Bild 2: Aufbau eines Informationsmanagements für die Produktionslogistik das den Wandel unterstützt

Dieser Ansatz wird als strukturdynamisches Informationsmanagement für die Produktionslogistik bezeichnet. Aus den Aufgaben eines solchen Informationsmanagements werden

die Anforderungen an die Informationstechnik abgeleitet und ein Architekturkonzept entwickelt, das es erlaubt, Informationssysteme für die Produktionslogistik so aufzubauen, dass zum einen die Produktionslogistik optimal beim Erreichen der Zielsetzung unterstützt wird, das richtige Produkt sowohl in der richtigen Menge als auch zur richtigen Zeit an die richtige Stelle zu liefern, und dieses Ziel auch wirtschaftlich zu erreichen. Zum anderen soll die beschriebene Änderung von Strukturen und Abläufen leicht mit dieser Architektur realisiert werden können.

## 1.2 Aufbau der Arbeit



*Bild 3: Gliederung der vorliegenden Arbeit*

Die Arbeit gliedert sich in die in Bild 3 dargestellten Kapitel. Nach einer Einleitung werden im Kapitel 2 bestehende Randbedingungen vorgestellt, die es erforderlich machen, Strukturen und Abläufe zu ändern. Zudem wird für die Begriffe Produktionslogistik und Informationsmanagement eine erweiterte Definition gegeben, auf deren Basis diese Arbeit aufgebaut ist.

Die Anforderungen an eine Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion werden schrittweise in den Kapiteln 3-6 hergeleitet. Hierfür werden die Freiheitsgrade der Produktionslogistik bei der Strukturierung und Steuerung der Produktion vorgestellt. Diese Freiheitsgrade sollen von der Architektur unterstützt werden und gehen somit in den Anforderungskatalog ein. Weiterhin werden bestehende Methoden der Produktionslogistik vorgestellt, die ebenfalls

durch die Architektur realisierbar sein sollen und dadurch weitere Anforderungen erzeugen.

Ziel der Architektur ist es, auf heute bestehenden Grundlagen der Gestaltung von Informationssystemen aufzubauen. Aus diesen werden die Anforderungen hinsichtlich der Informationstechnik abgeleitet. Weiterhin werden Methoden der Modellierung der Produktionslogistik vorgestellt, die von der Architektur unterstützt werden sollen. Aus den genannten Ergebnissen werden anschließend Anforderungen abgeleitet.

Das Konzept einer Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion wird in Kapitel 7 vorgestellt. Die Grundprinzipien des Konzepts stellen dabei die Kunden-Lieferanten-Beziehungen, die Ablauforientierung und der Aufbau eines strukturdynamischen Modells für die Produktion dar. Weiterhin werden die Bausteine dieses Modells, die Agenten, und der Aufbau von Beziehungen zwischen den Bausteinen erklärt. Die Vorstellung des Aufbaus von Informationssystemen für die Produktionslogistik auf Basis der Architektur schließt das Kapitel ab.

Ein praxisrelevantes Szenario verdeutlicht den Einsatz des entwickelten Konzeptes in Kapitel 8. Dabei wird beispielhaft der Übergang von einer organisatorischen Struktur einer Produktion in eine andere mit jeweils unterschiedlichen Steuerungsstrategien vorgenommen. Es wird aufgezeigt wie ein Informationssystem an diesen Wandel angepasst wird.

Der Gültigkeitsbereich des Konzeptes wird in Kapitel 9 dargestellt und die nötigen Schritte werden vorgestellt, den Gültigkeitsbereich zu erweitern. Weiterhin wird der wirtschaftliche Nutzen des Konzeptes in diesem Kapitel bewertet.

Kapitel 10 stellt die Ergebnisse zusammenfassend dar und gibt einen Ausblick auf weitere Einsatzmöglichkeiten des vorgestellten Konzeptes.

## 2 Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

### 2.1 Übersicht

In diesem Kapitel wird die Motivation dargestellt, die dazu führt, Strukturen und Abläufe innerhalb einer Produktion zu ändern. Darauf aufbauend erfolgt eine Vorstellung der zeitlichen Phasen, innerhalb derer diese Änderungen durchgeführt werden. Daraus abgeleitet und durch eine ganzheitliche Definition der Produktionslogistik untermauert, wird das auf die Anpassung der Strukturen und Abläufe erweiterte Aufgabenfeld der Produktionslogistik beschrieben, das dieser Arbeit zu Grunde liegt.

Weiterhin erfolgt eine erweiterte Definition für das Informationsmanagement. Diese neue Definition ist nötig, da innerhalb des Informationsmanagements bisher hauptsächlich die Informationstechnik und die Informationssysteme betrachtet werden. Der Einfluss des Bereichs, für dessen Unterstützung die Informationssysteme dienen, stellt aber entscheidende Anforderungen an die Gestaltung der Informationssysteme. Diese Arbeit schließt folglich diesen Aspekt in die Betrachtung des Informationsmanagements mit ein.

### 2.2 Änderungen von Strukturen in der Produktion

Eine Struktur ist allgemein die Anordnung von Teilen eines Ganzen zu einem gegliederten Aufbau. Nach WIENDAHL [1991, S.81-82] ist die Strukturierung einer Produktion die Gestaltung, Anordnung bzw. Zuordnung aller Produktionsfaktoren, Elemente oder Teile zum Erlangen gegebener Ziele. Änderungen und Turbulenzen unterschiedlicher Märkte, wie zum Beispiel der Arbeits-, Finanz-, Beschaffungs- oder Absatzmarkt (Bild 4), in die ein produzierendes Unternehmen eingebettet ist, fordern Änderungen im Verhalten des Unternehmens, damit es im Wettbewerb bestehen kann. Da Struktur und Abläufe in einem Unternehmen gemeinsam die Leistung eines Systems bestimmen [HEINEN 1991, S. 402], kann durch strukturelle Maßnahmen in der Produktion ein Unternehmen an veränderte Randbedingungen bzw. an neue Anforderungen angepasst werden.

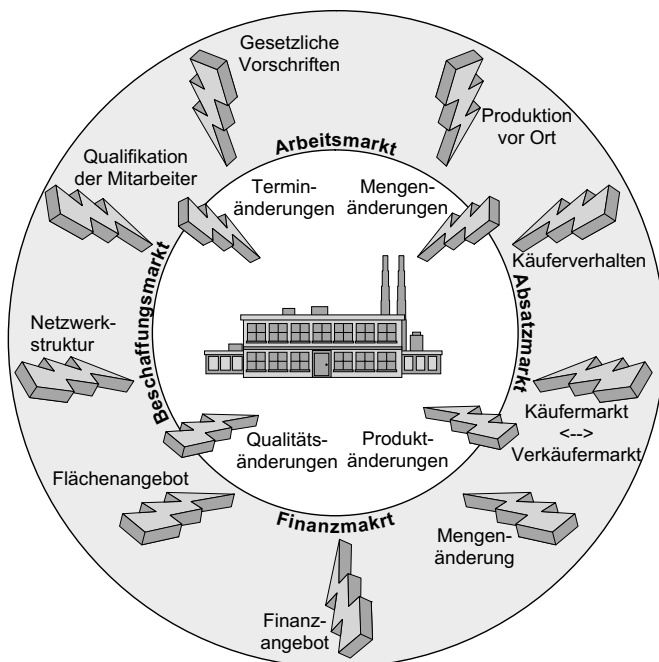


Bild 4: Wechselnde Randbedingungen eines produzierenden Unternehmens

Die Initiative zu einer Änderung leitet sich dabei aus dem Vergleich einer bestehenden Situation mit einer geplanten ab, indem der Zielerfüllungsgrad der beiden Situationen verglichen wird. Die bestehende Situation ergibt sich aus der Analyse der in Bild 4 dargestellten Randbedingungen. Der Zielerfüllungsgrad von bestehender und geplanter Situation bezieht sich dabei entweder auf strategische oder operative Ziele des Unternehmens (Bild 5).

Die strategischen Ziele betreffen z.B. den Marktanteil, den das Unternehmen erreicht, die Flexibilität, die es bezüglich Änderungswünschen bietet und die Stabilität auf dem Aktienmarkt und den Gewinn des Unternehmens. Die Unabhängigkeit von externem Kapital, die Substanzerhaltung oder die soziale Kompetenz stellen weitere strategische Ziele für ein Unternehmen dar.

## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

Operative Ziele sind z.B. der aktuelle Deckungsbeitrag und die Durchlaufzeit eines Auftrags ebenso wie die aktuelle oder die durchschnittliche Termintreue. Weiter von Bedeutung sind die Produktqualität, die Kostenwirtschaftlichkeit oder die Auslastung und die aktuellen Arbeitsbedingungen.

Um diese Ziele zu erreichen, werden Entscheidungen getroffen, die sich auf die Struktur selbst oder die Abläufe in dieser Struktur beziehen.

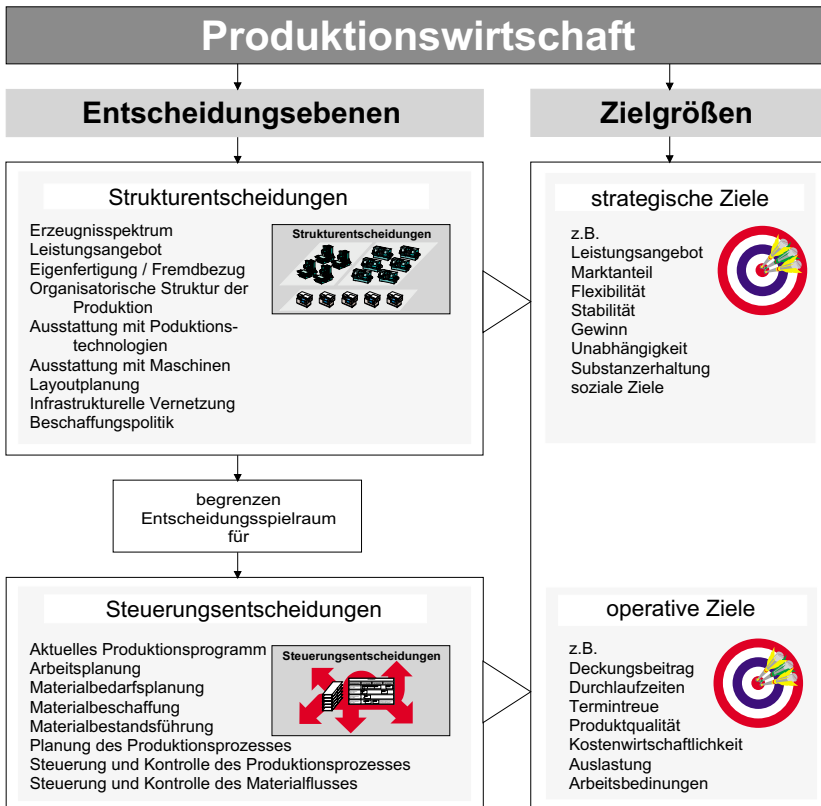


Bild 5: Zielverfolgung mit Hilfe planerischer Schritte nach HEINEN [1991, S. 401]

Die Strukturbildung leitet sich dabei aus Entscheidungen über das Erzeugnisspektrum bzw. das Leistungsangebot ab, das aus Produkten verknüpft mit Dienstleistungen besteht, mit

## **Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen**

---

denen das Unternehmen am Markt erfolgreich sein will. Die Produktionstiefe und die damit einhergehende Entscheidung über Eigenfertigung oder Fremdbezug stellt eine strategische Entscheidung dar, die die geplanten Ausstattung der Produktion mit Fertigungstechnologien und der sich daraus notwendig ergebenden Maschinenausstattung ergibt. Die Versorgung des Absatzmarktes ist eng verknüpft mit der Festlegung der Produktionstypen, wie die auftragsorientierte Einzel- oder Kleinserienfertigung und die marktorientierte Serien- oder Massenfertigung. Aus den genannten Entscheidungen leitet sich die organisatorische Struktur der Produktion ab, d.h., ob Werkstatt-, Gruppen- oder Fließfertigung eingesetzt wird. Weitere strukturbezogene Entscheidungen sind die informationstechnische Infrastruktur innerhalb und außerhalb des Unternehmens und die Politik, mit der das Unternehmen gegenüber seinen Lieferanten auftritt. Alle diese strukturbezogenen Entscheidungen begrenzen den Spielraum für die Abläufe und die zu steuernden Größen.

Innerhalb der beschriebenen Grenzen können die entsprechenden Steuerungsentscheidungen, die die Abläufe betreffen, getroffen werden. Das aktuelle Produktionsprogramm leitet sich dabei aus dem Leistungsspektrum, der Produktionstiefe, den Randbedingungen der Auftrags- oder Marktorientierung und der Beschaffungspolitik ab. Ausgehend davon wird die Arbeitsplanung als die technologische Planung des Produktionsprozesses, ebenso wie Materialbedarfsplanung und -beschaffung nach Strategien, die die Zielerreichung unterstützen, durchgeführt. Die zeitliche Planung des Produktionsprozesses leitet sich daraus ab und führt eine termin- bzw. kapazitätsorientierte Einplanung der Aufträge in der bestehenden Struktur durch. Die Steuerung und Kontrolle der Abläufe in der Produktion stellt die operative Aufgabe der Steuerung dar.

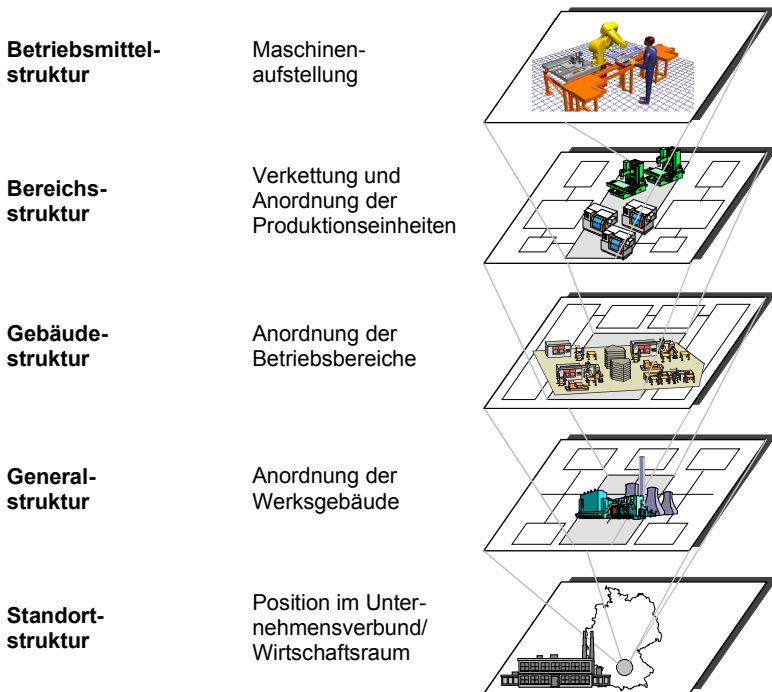
Durch unterschiedliche Maßnahmen in drei voneinander abhängigen Phasen werden die Anpassungen in einem Unternehmen durchgeführt, die es erlauben, die dargestellten Ziele zu erreichen [WIENDAHL 1991, NEDELJKOVIC-GROHA & KAHLBERG 1993]. Die erste Phase ist die kurzfristige Anpassung im Rahmen der Disposition und Steuerung. Dabei wird versucht, innerhalb bestehender Strukturen in einem produzierenden Unternehmen, optimale Abläufe durch eine kontinuierliche Regelung und Verbesserung der Produktion zu erreichen. Dazu werden Regelkreise aufgebaut, in welchen Messgrößen kontinuierlich überprüft und deren Werte über Regelmechanismen innerhalb bestimmter Grenzwerte gehalten werden. Die Messgrößen sollen dazu auf der Basis einer ganzheitlichen Betrachtung

## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

---

tung der Produktion aufgestellt werden, da ansonsten Problemlösungen auf einzelne Aspekte reduziert werden, obwohl sie das Gesamtsystem betreffen [MILBERG 1997, S. 28].

In der nächsten Phase wird durch eine Organisationsänderung der betrieblichen Abläufe eine mittelfristige Anpassung vorgenommen. Dazu werden Hierarchien, Berichtswege und Entscheidungsbefugnisse innerhalb der Produktion so geändert, dass notwendige Entscheidungen bezüglich der Disposition und Steuerung leichter und sicherer getroffen werden können.



*Bild 6: Strukturierungsebenen eines Unternehmens*

In der dritten Phase findet eine langfristige Anpassung im Rahmen der Produkt- und Fabrikplanung statt [WIENDAHL 1991]. Diese beinhaltet eine Veränderung der bestehenden



Produktionsstrukturen und der Abläufe. Die Veränderung der bestehenden Produktionsstrukturen beziehen sich in Folge ihrer Abhängigkeiten durchgängig auf alle Strukturierungsebenen der Fabrik (Bild 6) [WIENDAHL & SCHEFFCZYK 1997, S. 186]. Das bedeutet, dass bei einer Veränderung auf einer übergeordneten Ebene alle darunterliegenden Ebenen betroffen sind. Dies reicht von der Ebene der Standortstruktur über die Ebenen der General-, der Gebäude-, der Bereichs- bis hin zur Ebene der Betriebsmittelstruktur.

### **2.3 Der Regelkreis der Produktionslogistik**

Das grundsätzliche Verhalten einer Produktion ist – wie beschrieben - bereits bei der Gestaltung der Strukturen vorgegeben. Das anschließende Festlegen der Abläufe definiert ihr Verhalten beinahe vollständig. Im Betrieb werden nur die im Rahmen der stattgefundenen Struktur- und Ablauffestlegung definierten Freiheitsgrade wahrgenommen.

Das bestehende Verständnis der Produktionslogistik geht davon aus, dass die bei der Planung eines Produktionssystems festgelegten Freiheitsgrade der Ablaufsteuerung im Rahmen der Produktionsplanung und –steuerung (PPS) von der Produktionslogistik zur Regelkreisbildung [SIMON 1994] aufgegriffen werden (vgl. Bild 7). Innerhalb dieser Freiheitsgrade sollen durch kurzfristige Anpassungsmaßnahmen im Rahmen der Disposition und Steuerung gegebene Ziele erfüllt werden. Dabei erfolgt eine Verfolgung der logistischen Kenngrößen wie Durchlaufzeit oder Termintreue. Durch Rückkopplung werden Maßnahmen generiert, die diese Kenngrößen in definierten Schranken halten. Die Maßnahmen, wie z.B. Terminänderungen, Losgrößensplitting oder Änderungen von Freigaben, beziehen sich dabei auf die Aufträge, die in der Produktion bearbeitet werden, und haben zum Ziel, die aktuellen Durchführungs- und Liegezeiten (Bild 8) zu verändern, um die entsprechenden Ziele zu erreichen.

Dieser Arbeit liegt die These zugrunde, dass die Produktionslogistik in Zukunft die Methoden sowohl der heute noch mittelfristigen Organisationsveränderung als auch der langfristigen Strukturänderung nutzt, um ein Unternehmen optimal an seine Anforderungen anzupassen. Sie geht dabei, wie die Methode der Balanced Scorecard [KAPLAN & NORTON 1996], davon aus, dass die operativen Aufgaben der Produktionslogistik mit der strategischen Ausrichtung eines Unternehmens verknüpft sind. Dies bedingt, dass die Produktionslogistik sowohl eine mittel- als auch eine langfristige Anpassung von Produktionspro-

## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

zess und -struktur durchführt. Die heute bestehende Aufgabendefinition der Produktionslogistik sieht dies bisher nicht vor. Ausgehend von der von REINHART & GALLASCH [1998, S. 1] aufgestellten Definition der Produktionslogistik und der Definition der Logistik wird ein erweiterter Aufgabenbereich der Produktionslogistik abgeleitet.

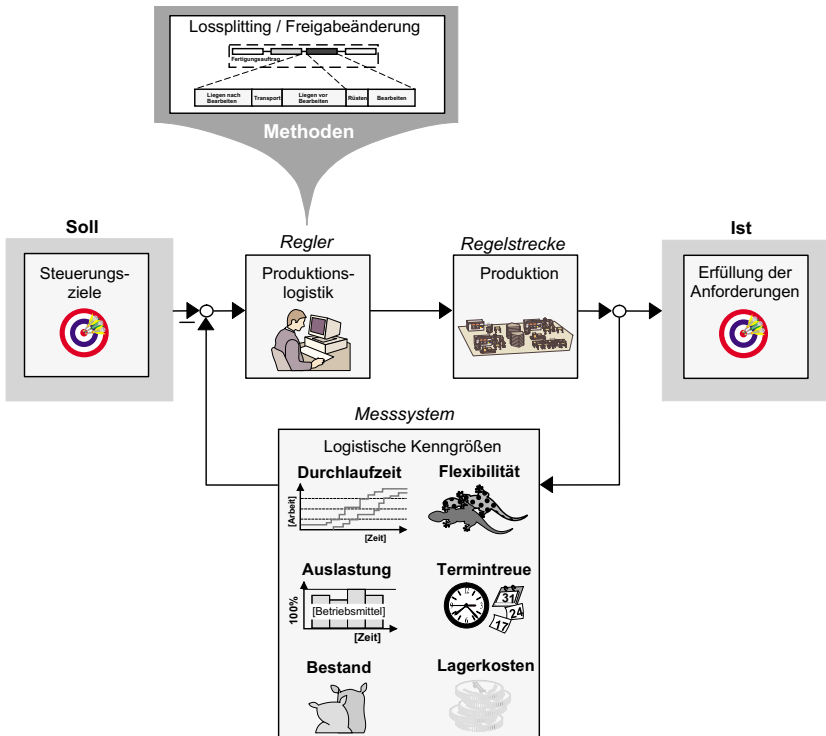


Bild 7: Klassischer Regelkreis der Produktionslogistik

Die Logistik als die wissenschaftliche Lehre der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen umfasst alle Tätigkeiten, mit denen logistische Systeme untersucht, geplant, realisiert, betrieben und optimiert werden. Sie beschäftigt sich mit den Material- und Informationsprozessen, die der Raumüberwindung und Zeitüberbrückung der beschriebenen Flüsse und deren Steuerung und

## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

Regelung dienen [KOETHER 1993]. Die Produktionslogistik beschreibt dabei den Teil der Logistik, der als Haupteinflussgebiet die Produktion hat.

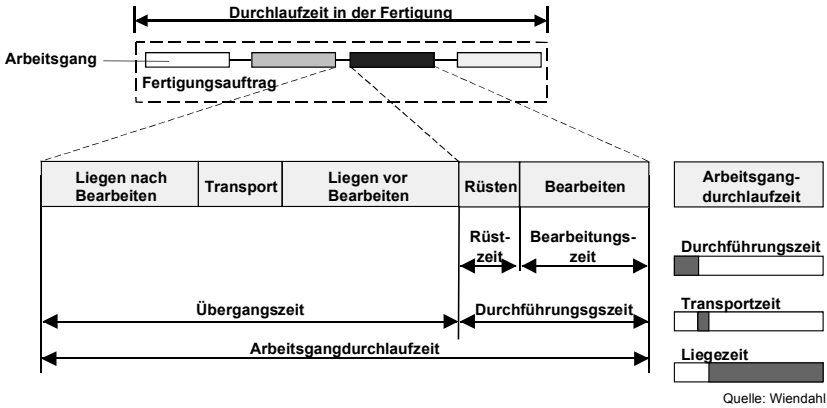


Bild 8: Zusammensetzung der Durchlaufzeit in der Fertigung [WIENDAHL 1987]

Damit die Produktion optimal ihre Aufgaben erfüllen und wirtschaftlich Produkte für den Markt zur Verfügung zu stellen kann, darf die klassische Trennung zwischen den betriebswissenschaftlichen Subsystemen einer Vertriebs-, Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- und Entsorgungslogistik [z.B. BÜRGELE 1998, S. 201] nicht vorgenommen werden, ohne dabei den Einfluss der einzelnen Subsysteme auf die anderen klar herauszustellen. Die Produktionslogistik sollte, wie alle anderen Subsysteme auch, eine ganzheitliche Logistik mit entsprechendem Augenmerk auf der Produktion sein. Sie sollte dabei alle Prozesse beinhalten, von der Beschaffung und der Verteilung der Rohstoffe im Unternehmen über die Auslieferung der Fertigerzeugnisse bis hin zur Wiederverwertung und Entsorgung. Dabei bewertet sie den Einfluss dieser Prozesse auf die Ver- und Entsorgung, auf die Steuerung der Produktion und auf die Versorgung des Kunden mit Gütern. Die Produktionslogistik umfasst somit alle inner- und zwischenbetrieblichen Transport-, Lager- und Umschlagvorgänge und die dafür notwendigen Steuerungsstrategien. Aufgabe einer ganzheitlichen Produktionslogistik ist es, von der Absatzplanung bis hin zum Vertrieb einen Material- und Informationsfluss zu organisieren und zu steuern, der unter Kostengesichtspunkten eine termin-, mengen- und qualitätsgerechte Auslieferung an die Kunden sicherstellt. Da-

mit ist die Produktionslogistik verantwortlich für die optimale Versorgung des Betriebes einerseits und des Marktes andererseits [REINHART & GALLASCH 1998].

Die vorgestellte erweiterte Aufgabenbeschreibung der Produktionslogistik kann mit der Balanced Scorecard Methode in die strategische Steuerung eines Unternehmens integriert werden. Die Balanced Scorecard Methode [KAPLAN & NORTON 1996, HORVÁTH & KAUFMANN 1998] ist ein Messsystem, das es ermöglicht, eine strategische Ausrichtung in operative Maßnahmen umzusetzen. Dazu fasst die Balanced Scorecard Methode Kennzahlen in Perspektiven zusammen, die eine ganzheitliche Beurteilung der Umsetzung der Unternehmensstrategien erlauben. Diese Perspektiven sind die Finanzperspektive, die Kundenperspektive, die Prozessperspektive und die Lern- bzw. Wachstumsperspektive. Einzelne operative Messgrößen werden durch Ursache-Wirkungsketten miteinander in Verbindung gesetzt. Somit ist eine ganzheitliche Beurteilung der Unternehmenssituation mit Hilfe von operationalisierten Kennzahlen möglich.

Ausgehend von der erweiterten Aufgabenbeschreibung der Produktionslogistik kann der klassische Regelkreis der Produktionslogistik mit Hilfe der Balanced Scorecard Methode erweitert und in eine Unternehmensstrategie eingebunden werden. Dazu werden die Produktionsstruktur und die -abläufe als Regelstrecke herangezogen. Änderungen von Strukturen und Abläufen dienen der Optimierung der Produktion im Sinne einer ganzheitlichen Unternehmensoptimierung. Eine Regelung der Produktion erfolgt dabei nicht mehr nur innerhalb der vorgegebenen Strukturen, sondern es wird die Aufbau- und Ablauforganisation in die Regelung der Logistik mit einbezogen, um die festgelegten strategischen Unternehmensziele zu erreichen. Die Regelung der Aufbau- und Ablaufstruktur ist dabei ein dynamisch iterativer Prozess und umfasst sowohl die mittelfristige Anpassung im Rahmen der Organisation der betrieblichen Abläufe als auch eine langfristige Anpassung im Rahmen der Produkt- und Fabrikplanung.

Bild 9 zeigt den erweiterten Regelkreis der Produktionslogistik. Die Unternehmens- und Prozessziele werden dabei dadurch verfolgt, dass die Aufbau- und Ablauforganisation durch Änderung der Strukturen und Steuerungsstrategien unter Beachtung der logistischen Kenngrößen verändert werden. Diese Kenngrößen sind dabei in die Ursache-Wirkungsbetrachtung einer Balanced Scorecard eingebunden. Ziel der Änderung der grundlegenden Strukturen und Abläufe ist es dabei, die Produktion bereits so im grund-

## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

sätzlichen Verhalten zu definieren, dass die in Bild 8 dargestellten Durchführungs-, Transport- und Liegezeiten bereits als Planzeiten ein Optimum darstellen.

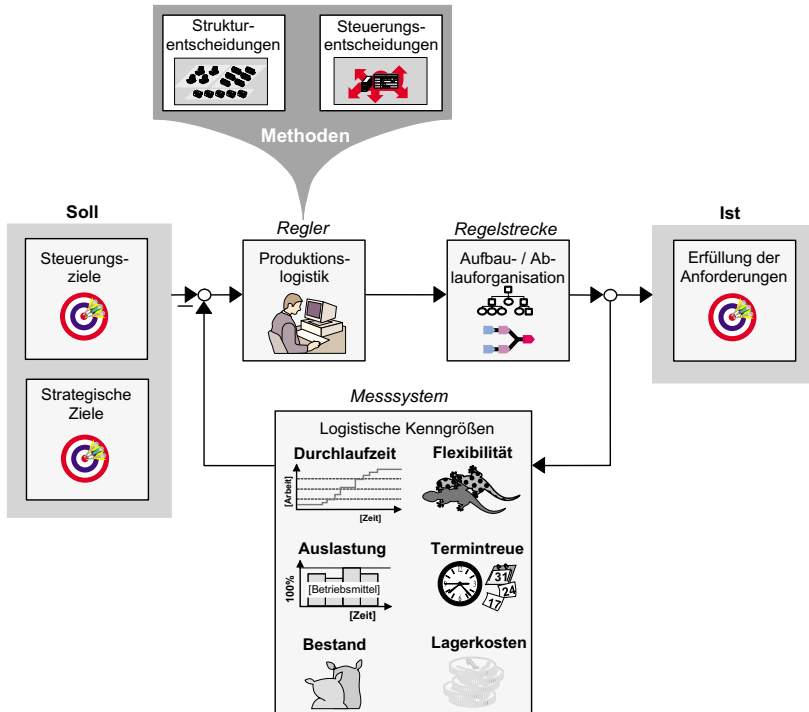


Bild 9: Erweiterter Regelkreis der Produktionslogistik

Die Informationstechnik bietet neben den von WIENDAHL & SCHEFFCZYK [1997, S. 186-188] beschriebenen Potentialfaktoren innerhalb der Organisation und der Maschinentech-nik der Produktion, die es erleichtern in einem produzierenden Unternehmen Strukturen und Abläufe zu verändern, ein erhebliches Potential bei der Unterstützung der Wandlungsfähigkeit.

Dieses Potential ist durch zwei Faktoren bedingt. Der erste Faktor ist die schnelle und einfache Bereitstellung von Informationen zur Änderung von Strukturen und Abläufen, die aus der Produktionslogistik abgeleitet sind [MÖLLER 1996, S. 18]. Der zweite Faktor ist die

## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

Möglichkeit, die unterstützenden Informationssysteme, die ein Abbild der Strukturen darstellen und eine entsprechende Steuerung im Rahmen der Disposition unterstützen, schnell und effizient an die geänderten Strukturen und Abläufe anzupassen (Bild 10).

Es ergibt sich hieraus zum einen die Aufgabe, dass Informationssysteme und alle Abläufe, die im Zusammenhang mit dem Umgang von Informationen stehen, anpassungsfähig an Strukturänderungen und an Änderungen der Abläufe gestaltet werden und somit den Aufbau eines erweiterten logistischen Regelkreises ermöglichen. Zum anderen müssen die Informationssysteme eine methodische und datentechnische Unterstützung bei Strukturierungsmaßnahmen bieten, indem sie die Informationen, die zur Planung von Strukturen und Abläufen benötigt werden, für Planungswerkzeuge bereitstellen.

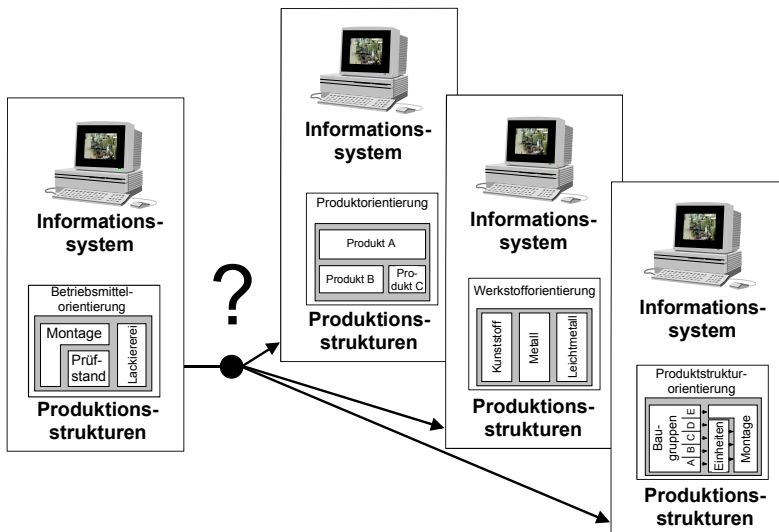
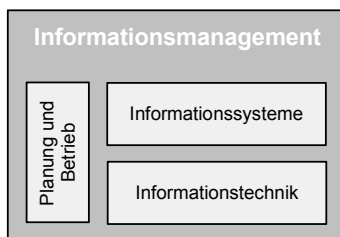


Bild 10: Strukturänderungen bedingen die Änderung der unterstützenden Informationssysteme

Aus diesem Zusammenhang wird ersichtlich, dass die Gestaltung von Informationssystemen für die Produktionslogistik einen maßgeblichen Einfluss auf deren Zielerfüllung hat. Aus diesem Grund wird im folgenden Kapitel die Notwendigkeit dargestellt, das Informationsmanagement um den Bereich zu erweitern, für den unterstützende Informationssysteme

me bereitgestellt werden. In dieser Arbeit heißt das, die Produktionslogistik als oberste Anwendungsebene in das Informationsmanagement zu integrieren.

### 2.4 Das Informationsmanagement



*Bild 11: Klassische Gliederungen des Informationsmanagements*

Informationslogistik zu gewährleisten (Bild 11).

Nach PFEIFFER [1990, S. 19] umfasst das Informationsmanagement alle Aufgaben und Methoden der Organisation, der Planung, der Steuerung und der Kontrolle technisch unterstützbarer Informationen und Kommunikation eines Unternehmens.

BROMBACHER [1991, S. 115] gliedert das Informationsmanagement in die Bereiche Anwendungssoftware, Betriebssysteme und betriebssystemnahe Software, Rechner und zugehörige Peripherie, Netze und dazugehörige Hard- und Software, Organisation und Personal, Methoden und (CASE-) Tools und Kommunikationsdienste und externe Informationsquellen. Dagegen differenzieren KRÜGER UND PFEIFFER [1990, S. 516 - 518] zwischen strategischen und operativen Aufgaben. Bei den strategischen Aufgaben wird hinsichtlich der Informationsstrategie und der organisatorischen Gestaltung unterschieden. Die operativen Aufgaben gliedern sich in Organisation, Technik, Personal, Wirtschaftlichkeit sowie Methoden, Techniken und Tools.

RAUH [1990, S. 33] unterscheidet nach strategischen und taktischen Aufgaben. Dabei fasst er unter den strategischen Aufgaben z.B. die Daten-, die Software- oder die Personalstrategie zusammen. Die taktischen Aufgaben umfassen Personalmanagement, Konfigurationsmanagement, Datenadministration oder Problemmanagement.

HEINRICH UND BURGHOLZER [1990, S. 6] fassen alle Aufgaben, die Information und Kommunikation betreffen, zu einer betrieblichen Funktion zusammen, der Informationsfunktion. Das Informationsmanagement beinhaltet dabei alle Führungsaufgaben der Informationsfunktion. Zusätzlich unterscheiden sie zwischen strategischen, taktischen und operativen Aufgaben [HEINRICH UND BURGHOLZER 1990, S. 22-24], die sich beispielsweise von der Bestimmung der strategischen Rolle der Informationsfunktion und der Planung der Informationsinfrastruktur über das Personal- und das Anwendungssystemmanagement bis hin zum Problemmanagement erstrecken.

Einen erweiterten Ansatz geben ZAHN UND RÜTLER [1990, S. 9]. Sie sehen dabei das Informationsmanagement sowohl als Unternehmensprozess an, im Sinne eines systematischen Erarbeitens von Zielen, Strategien und Aktivitäten, als auch als Managementinstrument zur Verbesserung der Entscheidungs- und Informationsprozesse mit dem Ziel, den Unternehmenserfolg nachhaltig zu steigern.

SCHEER [1994, S. 690 - 734] gibt die umfassendste Definition eines Informationsmanagements, indem er auf den Ansätzen von ÖSTERLE, BRENNER und HILBERS [ÖSTERLE U.A. 1992] und WOLLNIK [1988] aufbaut und diese zu dem in Bild 12 dargestellten Funktionsreferenzmodell für das Informationsmanagement detailliert. Er erweitert die beiden informationstechnisch geprägten Aufgaben „Management der Informationssysteme“ und „Management der Informationsinfrastruktur“ um die weitere Aufgabe „Management von Informationseinsatz und -verwendung“. Somit stellt SCHEER die Verbindung zu den Unternehmensprozessen her, die durch das Informationsmanagement unterstützt werden sollen.

Im Management von Informationseinsatz und -verwendung werden die Potentiale bei der Nutzung von Informationssystemen für Funktionen eines Unternehmens gesehen. Eine weitere wichtige Aufgabe liegt in der Schulung der Nutzer von Informationssystemen, dabei steht weniger die eigentliche Bedienung der Informationssysteme als vielmehr das Einbetten der Aufgaben in die Geschäftsprozesse und die Unterstützung bei der Aufgabenerfüllung durch die Informationssysteme im Vordergrund.

Die Betreuung der Informationssysteme in Form von Standard- und eigenentwickelter Software stellt neben dem Schnittstellenmanagement die Hauptaufgabe des Managements der Informationssysteme dar. Dabei wird vor allem die strategische Fragestellung des „Make or Buy“ betrachtet. Für Eigenentwicklungen wird die entsprechende Softwarear-



## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

chitektur definiert, das Vorgehensmodell für die Entwicklung erarbeitet sowie die Entwicklung und Einführung der Systeme durchgeführt. Ziel ist es, den Lebenszyklus von betrieblichen Anwendungen kontinuierlich zu begleiten.

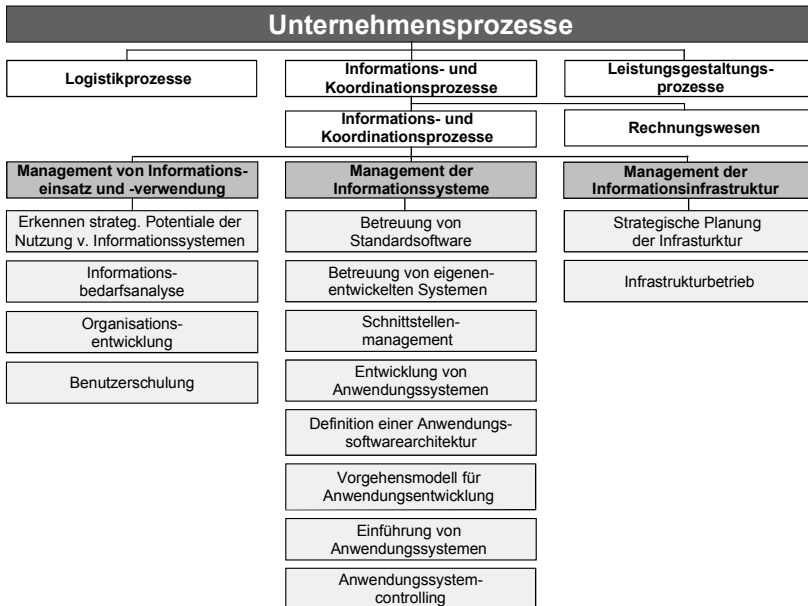


Bild 12: Funktionsreferenzmodell des Informationsmanagements nach SCHEER [1994, S. 691]

Das Management der Informationsinfrastruktur beinhaltet die strategische Planung der Infrastruktur und deren Betrieb. Die Planung gliedert sich hierbei in die Bereiche Planung der Hardware- und Netzwerkarchitektur und Planung der Softwarearchitektur und Datenbanken. Der Infrastrukturbetrieb gewährleistet die operative Nutzung der Infrastruktur.

Davon ausgehend, dass unterschiedliche Bereiche mit den gleichen Methoden des Informationsmanagements versorgt werden können, wird die Wechselwirkung zwischen einer Anwendungsdomäne, wie z.B. der Produktionslogistik, dem Controlling oder dem Personalwesen, und dem Informationsmanagement in diesen Ansätzen nicht explizit dargestellt.

In dieser Arbeit wird ein ganzheitlicher Ansatz in Bezug auf das Informationsmanagement gewählt, um die Wechselwirkung der Produktionslogistik mit dem Informationsmanagement zu überprüfen und die Anforderungen von Seiten der Produktionslogistik in der Architektur abzudecken.

Im Folgenden wird dazu eine erweiterte Definition des Begriffs Informationsmanagement hergeleitet, indem – aufbauend auf der funktionalen Gliederung nach SCHEER – die Aufgabe des Managements anwendungsspezifischer Bereiche in das Informationsmanagement integriert werden.

Allgemein beinhaltet ein Management alle Tätigkeiten zur Sicherstellung einer bestimmten Anwendungsdomäne, von ihrer Planung bis hin zu ihrem Betrieb. Der Begriff Informationsmanagement beinhaltet die Interpretation, dass Information und die Kommunikation Produktionsfaktoren sind, die beide geplant und koordiniert werden müssen. Die Kommunikation ist dabei der Austausch von Information.

Im Informationsmanagement werden alle Tätigkeiten zur Sicherstellung der Informationslogistik wahrgenommen. Ausgehend von der Definition der Logistik stellt die Informationslogistik einen wesentlichen Teil der Logistik dar. Sie beschäftigt sich mit der Planung, Steuerung und Überwachung der Informationsflüsse. Ihr Ziel ist die Optimierung des Informationszugriffs, die Schaffung eines bedarfsorientierten Informationsangebotes und die Realisierung optimierter Informationswege. Als Bestandteil des Informationsmanagements soll die Informationslogistik die Beschaffung, Bereitstellung und Verteilung der Information in der richtigen Form, zur richtigen Zeit, an den richtigen Ort garantieren. Informationsgenerierung, -transport und -speicherung bilden die Basis für die Informationslogistik. Diese baut einerseits auf der Organisationsstruktur und andererseits auf der Informationstechnologie von Unternehmen bzw. von Unternehmenskooperationen auf. Die Organisationsstruktur beinhaltet dabei die Verteilung von Aufgaben, Ressourcen und Entscheidungsbefugnisse. Die Informationstechnologie enthält die Netzwerk-, Hard- und Softwarestruktur.

Ausgehend von dieser Definition wird eine Erweiterung des Informationsmanagements um eine vierte Ebene, nämlich das Management anwendungsspezifischer Bereiche (vgl. Tabelle 1) in dieser Arbeit vorgenommen. Eine ganzheitliche Sicht auf anwendungsspezifische Bereiche innerhalb eines Unternehmens erlaubt es, die Organisationen der Anwendungs-

## Begriffsbestimmungen und bestehende Randbedingungen

---

domäne entsprechend der Zielerfüllung der Geschäftsprozesse in Wechselwirkung mit der Informationsversorgung und Kommunikation umzugestalten.

Ebene	Klassische Sicht	Erweiterte Sicht	Ganzheitliche Sicht	Aufgaben des Informationsmanagements
4				Management anwendungsspezifischer Bereiche
3				Management von Informationseinsatz und –verwendung
2				Management der Informationssysteme
1				Management der Informationsstruktur
<b>Architektur als Basis</b>				

*Tabelle 1: Die vier Ebenen des erweiterten Informationsmanagements*

Für die Zielsetzung dieser Arbeit, eine Architektur als Basis von wandlungsfähigen Informationssystemen der Produktionslogistik aufzubauen, bedeutet dies, dass Anforderungen aller vier Ebenen, deren Grundlage die Architektur darstellt, berücksichtigt werden müssen. Diese Anforderungen sind in den folgenden Kapiteln näher beschrieben. Die Grundanforderung, Strukturen und Abläufe schnell und effektiv ändern zu können, ist am Anfang dieses Kapitels dargestellt und entspricht der Anforderung aus Ebene vier des Informationsmanagements. Die Anforderungen aus Informationseinsatz und -verwendung werden aus den Freiheitsgraden der Produktionslogistik bei der Strukturierung der Produktion und der Gestaltung der Abläufe abgeleitet. Die Anforderungen aus dem Management der Informationssysteme ergeben sich aus bestehenden Methoden der Produktionsplanung und –steuerung. Die Anforderungen aus dem Management der Informationsstruktur lassen sich aus heute bestehenden Grundlagen der Gestaltung von Informationssystemen herleiten.

### **3 Aus Strukturierung und Steuerung der Produktion abgeleitete Anforderungen**

#### **3.1 Übersicht**

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an eine Architektur abgeleitet, die die Basis eines Informationsmanagements einer wandlungsfähigen Produktion darstellt. Diese ergeben sich aus den prinzipiellen Methoden der Strukturierung und der Steuerung der Produktion.

Dazu werden zum einen die Prinzipien der Strukturbildung und die Kommunikationsbeziehungen, resultierend aus unterschiedlichen Arten der Aufgabenverteilung in der Produktion, vorgestellt, die von solch einer Architektur unterstützt werden müssen.

Zum anderen werden die prinzipiellen Möglichkeiten zur Steuerung der Produktion beschrieben, die ebenfalls unterstützt werden müssen.

#### **3.2 Freiheitsgrade der Strukturierung in der Produktion**

##### **3.2.1 Prinzipien der Strukturbildung**

Die Bildung von Struktureinheiten erfolgt durch die Anwendung und die Kombination verschiedener Prinzipien der Strukturbildung [HENN & KÜHNLE 1996, S. 9-67]. Diese Strukturierungsprinzipien gelten, wenn nach unterschiedlichen Optimierungsgesichtspunkten Einheiten innerhalb der Produktion gebildet werden (Bild 13) und werden im Folgenden erläutert.

Wird die Produktion hinsichtlich der Markt- bzw. der Kundenanforderungen angepasst, so stellt eine Produkt- oder Fertigungsformorientierung die produktionslogistisch günstigsten Möglichkeiten dar. Bei erhöhten Anforderungen hinsichtlich des Prozesses wird entweder eine Werkstoff-, eine Produktstruktur- oder eine Materialflussorientierung gewählt. Für das Zusammenspiel besonderer Produktionsfaktoren, um bestimmte Produkte zu produzieren wird entweder eine Orientierung hinsichtlich der Kommunikation, des Personals bzw. der

## Aus Strukturierung und Steuerung der Produktion abgeleitete Anforderungen

Tätigkeiten oder der Betriebsmittel vorgenommen. Jedes einzelne der Strukturierungsprinzipien bietet für den jeweiligen Anwendungsfall entsprechende Vorteile. Daher wird das Abbilden der einzelnen Strukturierungsprinzipien in den Anforderungskatalog an das Informationsmanagement und dadurch an die Architektur ebenso aufgenommen wie ein möglicher Wechsel zwischen verschiedenen Strukturierungsprinzipien.

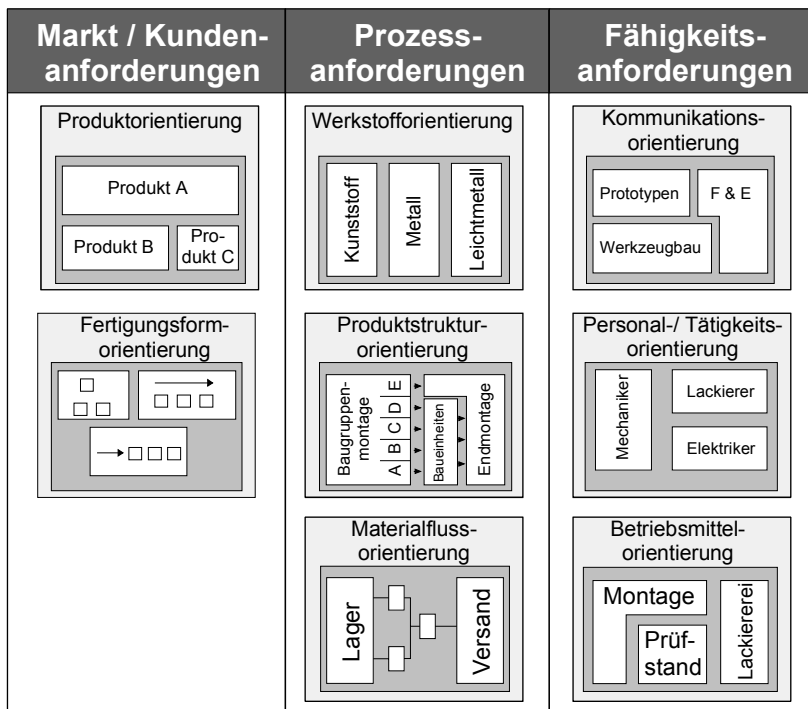


Bild 13: Strukturierungsprinzipien in der Produktion [HENN & KÜHNLE 1996, S. 9-69]

Weiterhin werden durch Überlagerung unterschiedlicher Strukturierungsprinzipien Mischformen bei der Abgrenzung von Struktureinheiten erzeugt (Bild 14). Durch die Überlagerung entstehen Strukturkombinationen, die kleinere Struktureinheiten beinhalten. Diese sind an die Anforderungen der betrieblichen Praxis optimaler angepasst [HENN & KÜHNLE 1996, S. 9-70].

## Aus Strukturierung und Steuerung der Produktion abgeleitete Anforderungen

Als weitere Anforderung kann somit die mögliche Änderungen der Überlagerung unterschiedlicher Strukturierungsprinzipien aufgestellt werden.

überlagerte Strukturen  Ausgangs- strukturen	Produkt	Betriebsmittel	Werkstoff	
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Produkt A</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pro- dukt B</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Produkt C</span> </div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Montage</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Prüf- stand</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Lackiererei</span> </div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Kunststoff</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Metall</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Leichtmetall</span> </div> </div>	...
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Produkt A</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pro- dukt B</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Produkt C</span> </div> </div>		<del>...</del>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Kunststoff</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Metall</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Leichtmetall</span> </div> </div>	...
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Montage</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Prüf- stand</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Lackiererei</span> </div> </div>	<del>...</del>		<del>...</del>	...
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Kunststoff</div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Metall</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Leichtmetall</span> </div> </div>	<del>...</del>	<del>...</del>		...
...	...	...	...	...

Bild 14: Überlagerung unterschiedlicher Strukturierungsprinzipien [nach HENN & KÜHNLE 1996, S. 9-70]

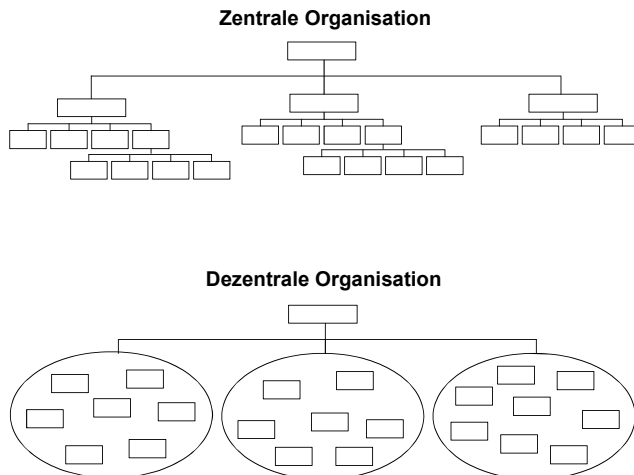
### 3.2.2 Zentrale und dezentrale Aufgabenverteilung

Hinsichtlich der Aufgabenverteilung in Organisationen gibt es zwei extreme Möglichkeiten (Bild 15): die zentrale und die dezentrale Organisation.

Erstere ist eine funktional gegliederte Organisation mit hoher zentraler Kompetenz. Viele Hierarchieebenen und stark abnehmende Entscheidungsräume über die Hierarchieebenen nach unten haben zum Ziel, dass an den ausführenden Stellen geplante Tätigkeiten durchgeführt werden. Das Erreichen von Kostenvorteilen durch funktionale Spezialisierung und die damit einhergehenden steilen Lernkurven und niedrigen Transaktionskosten bestimmen das Leitbild dieser Organisationsform, die auch tayloristisch genannt wird [TAYLOR 1911].

Zweitere ist eine dezentralen Organisation mit einer hohe dezentrale Kompetenz. Wenig Hierarchieebenen mit großen Entscheidungsräumen auf operativer Ebene führen dazu, dass die durchführenden Produktionsstellen in unterschiedlichem Maße Planungsaufgaben

wahrnehmen. Das Erreichen von Kostenvorteilen durch Aufgabenintegration und Schnelligkeit bestimmt das Leitbild der dezentralen Organisation.



*Bild 15: Zentrale und dezentrale Aufgabenverteilung in Unternehmen*

Zentralität bzw. Dezentralität einer Organisation variiert mit der Zuordnung der Funktionen und Aufgaben zu bestimmten organisatorischen Stellen. Die Praxis hat gezeigt, dass es eine nahezu unendliche Zahl von Möglichkeiten gibt, die Entscheidungsfreiräume in einem Unternehmen zu verteilen. Von welcher Stelle der Aufbauorganisation aus die einzelnen Funktionen bei der Aufgabenerfüllung durchgeführt werden und ob Durchführungs- und Kontrollfunktionalität in eine Hand fallen, ist der jeweiligen, im Zeitablauf variablen Ausprägung des Unternehmens anzupassen [DECKER & GALLASCH 1996]. Beim zentralen Ansatz wird eine Feinplanung innerhalb der taktischen und operativen Anpassung von einer zentralen Stelle durchgeführt, während sie beim dezentralen Ansatz durch die ausführende Ebene selbst erfolgt [WEIGELT 1994].

Für die Nutzung der Informationen im Unternehmen und die unterstützenden Informationssysteme bedeutet dies, dass beliebige Formen der Gliederung hinsichtlich Organisation und Darstellung von Zentralität bzw. von Dezentralität möglich sein müssen. Dies heißt z.B., dass im Rahmen einer Werkstattfertigung eine sehr detaillierte zentrale Grob- und Feinpla-

nung, bei einer Inselfertigung dagegen eine zentrale Grobplanung und eine dezentrale Feinplanung durchgeführt wird [JÜRGING 1995]. Bei einem Flexiblen Fertigungssystem (FMS flexible manufacturing system) erfolgt eine zentrale und extrem detaillierte Planung, während bei Autonomen Fertigungssystemen (AMS autonomous manufacturing systems) nur eine zentrale Grobplanung vorgegeben wird. Das Informationsmanagement muss diese verschiedenen Typen unterstützen und zudem den Übergang von einer Form in eine andere leicht ermöglichen.

Weitere Anforderungen ergeben sich aus der Unterstützung der unterschiedlichen Ausprägungen kommunikativer Strukturen [KUBA 1997 S. 8 ff] innerhalb der Organisationen. Dabei wird bei den kommunikativen Grundstrukturen zwischen den beiden Extremen egalitär und hierarchisch unterschieden (Bild 16). Während bei der egalitären Grundform jeder mit jedem Informationen austauschen kann, ist in der hierarchischen Kommunikation die Anzahl der möglichen Informationswege reduziert. Alle weiteren Strukturen liegen zwischen diesen beiden genannten Kommunikationsformen und stellen eine Mischform dar. Durch die reduzierte Anzahl der Informationswege ergibt sich bei der hierarchischen Kommunikation ein Vorteil bei der Effizienz, der jedoch nur auf Kosten der Flexibilität zu erreichen ist. Bei hohen Anforderungen an die Flexibilität, muss daher grundsätzlich von der egalitären Form ausgegangen werden, um diese im Bedarfsfall einzuschränken.

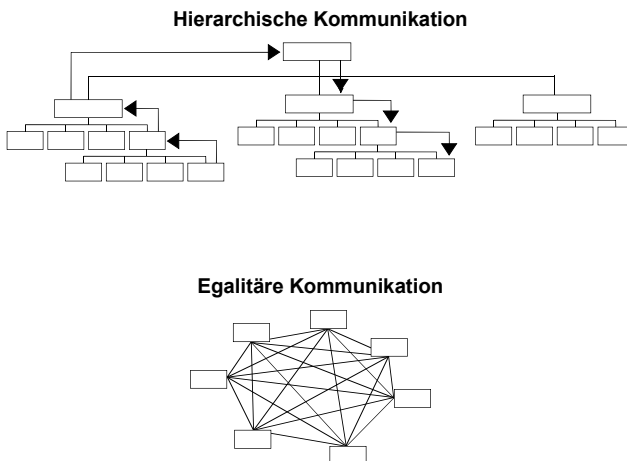


Bild 16: Ausprägung kommunikativer Strukturen



## Aus Strukturierung und Steuerung der Produktion abgeleitete Anforderungen

---

Neben den geregelten bzw. formalen Beziehungen gibt es auch informelle Beziehungen innerhalb einer informellen Organisation, in deren Rahmen ein Informationsaustausch stattfindet. Dieser kann die Aufgabenerfüllung positiv oder negativ beeinflussen. Die informelle Organisation setzt eine formale Organisation voraus, wobei die informelle nicht organisierbar ist, sondern sich aufgrund bestimmter Gemeinsamkeiten der an der Organisation Beteiligten bildet. Daher wird in diesem Zusammenhang oft von informellen Gruppen oder Beziehungen gesprochen. Die formalen Kommunikationswege lassen sich von den Wegen der informellen Gruppen kaum trennen. Diese erfordern jedoch erweiterte und flexiblere kommunikationstechnische Möglichkeiten. Gerade die Verarbeitung informeller organisatorischer Regelungen wird derzeit durch die sehr starr aufgebaute Informationstechnik wenig unterstützt.

Als eine Anforderung kann somit die Unterstützung sowohl der hierarchischen als auch der egalitären Kommunikation genannt werden. Diese sollten dabei sowohl innerhalb einer formalen als auch in einer informellen Organisation möglich sein.

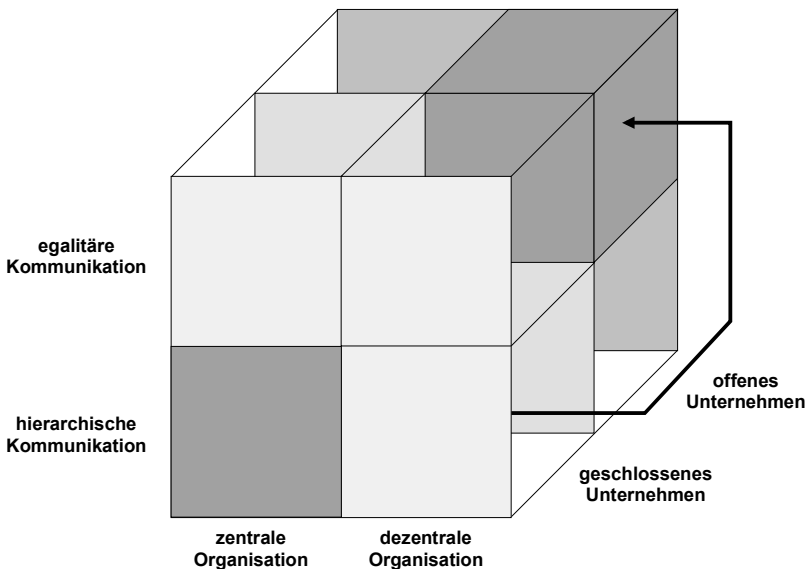


Bild 17: Anforderungsdimensionen der Organisation an das Informationsmanagement

Ein weiterer Einflussbereich, aus dem Anforderungen abgeleitet werden, ist die Erweiterbarkeit einer Produktion um zusätzliche Bereiche innerhalb und außerhalb von Unternehmen. Sollen diese beliebig miteinander in Beziehung treten, ist ein Ausbau der Schnittstellen zu diesen Bereichen notwendig, was mit einem Ausbau der Schnittstellen zum Markt und den Zulieferern gleichgesetzt werden kann [FOX 1993]. Die Organisation eines Unternehmens sollte einerseits offen sein, damit Marktimpulse und Outsourcing-Möglichkeiten beim Zulieferer eingebunden werden können [DAVIS 1993]. Andererseits ist diese Offenheit mit Kosten verbunden. Im Anwendungsfall tritt hierbei ein entsprechender Entscheidungsspielraum auf, der somit durch das Informationsmanagement abgedeckt werden muss. Daher gibt es die Anforderung, geschlossene und offene Unternehmen wechselweise abbilden zu können.

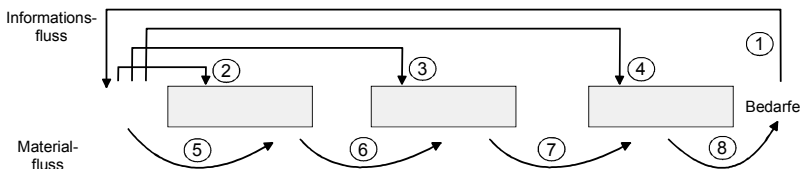
In Bild 17 sind die Dimensionen dargestellt, in welchen das Informationsmanagement für die Produktionslogistik agieren muss. Zusammengefasst lässt sich der Wechsel von einer Anforderungsdimension in eine andere als eine weitere Anforderung an das Informationsmanagement beschreiben.

### **3.3 Grundlegende Steuerungsstrategien in der Produktion**

Es kann zwischen zwei unterschiedlichen Prinzipien der Steuerung von Produktionssystemen unterschieden werden, dem Schiebe- und dem Ziehprinzip (Push- und Pullprinzip) [WIENDAHL 1996B, S. 14-83].

Beim Schiebeprinzip (Bild 18) werden die Aufträge durch übergeordnete Planung mit Hilfe von Plandaten bzw. Erfahrungswerten bezüglich Menge und Termin festgelegt (①). Anschließend wird versucht, die Aufträge so durch die Produktion zu steuern, dass vereinbarte Endtermine eingehalten werden (②-④). Das Schiebeprinzip kann weiter detailliert werden. Es wird hierbei unterschieden, ob einerseits nur produziert wird, wenn ein Kundenauftrag vorhanden ist oder ob im Vorfeld festgelegt wird, wann Ressourcen von Aufträgen belegt werden. Eine weitere Möglichkeit stellt die Entscheidung dar, ob eine Ressource nur dann genutzt wird, wenn sowohl sie als auch andere benötigte Ressourcen und ein entsprechender Auftrag verfügbar sind [DUFFIE U.A. 1986, S. 505].

### Schiebe- (Push-) Prinzip



### Zieh- (Pull-) Prinzip

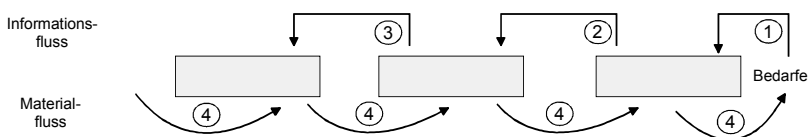


Bild 18: Schiebe- und Ziehprinzip bei der Produktionssteuerung

Beim Ziehprinzip löst jeweils ein nachgelagerter Bereich dann einen Auftrag bei seinem Vorgänger aus, wenn ein Bedarf besteht (①-③). Die Bedarfe sind so determiniert, dass bei Auftragsauslösung noch genügend Zeit besteht, den Bedarf beim Nachfolger zu decken (④).

Welches Steuerungsprinzip in einer Produktion verwendet wird, hängt von den an die Produktion gestellten Anforderungen ab. Diese liegen dabei in einem zweidimensionalen Raum und werden durch die Dimensionen „Anforderungen vom Kunden“ und „Abstimmungen mit dem Kunden“ festgelegt (Bild 19). Im Folgenden werden die vier Möglichkeiten kurz erläutert.

Ist die Produktion sehr stark durch im Vorfeld durchgeführte Abstimmungen mit dem Kunden geprägt und die aktuellen Anforderungen der Kunden werden nur wenig berücksichtigt, so findet das Schiebeprinzip mit im Vorfeld geplanten Aufträgen Verwendung (①).

Das Ziehprinzip wird genutzt, wenn Absprachen über eine Gesamtmenge bestehen und eine bestimmte Menge, dann geliefert werden soll, wenn der Kunde sie benötigt (②).

Anforderungen vom Kunden	aktuell	④ Kunden- individuelles Schiebeprinzip	② Ziehprinzip
	langfristig	③ Produktions- getriebenes Schiebeprinzip	① Im Vorfeld geplantes Schiebeprinzip
		niedrig	hoch
Absprachen mit dem Kunden			

*Bild 19: Kategorisierung von Steuerungsmethoden*

Als weitere Anforderung an das Informationsmanagement wird zum einen der Wechsel zwischen unterschiedlichen Steuerungsstrategien definiert, zum anderen müssen innerhalb eines Produktionssystems unterschiedliche Strategien gleichzeitig möglich sein, da nur so eine vollständige Anpassung möglich ist.

Einen weiteren Freiheitsgrad bei der Steuerung einer Produktion stellen die Bevorratungsebenen, von der aus die Kundenaufträge befriedigt werden, dar (Bild 20) [EIDENMÜLLER 1995, S. 48]. Diese können entsprechend gewechselt werden.

Bei der Festlegung der Bevorratungsebenen wird entschieden, von welcher Bevorratungsebene aus der Kunde beliefert werden soll. Weiterhin wird festgesetzt, in welchen Stufen der Produktion auftragsanonym und in welchen kundenauftragsbezogen produziert werden soll. Die maßgebliche Größe, die bestimmend für das in einer Produktion angewendete Prinzip ist, sind das Verhältnis zwischen der von den Kunden gewünschten Lieferzeit und der im gesamten Unternehmen bestehenden Durchlaufzeit dar. Weitere, daraus abgeleitete Größen, stellen der Zeitpunkt der Kundenspezifikation, die notwendige Flexibilität auf gewünschte Änderungen sowie der Vorlauf des Bestellzeitpunkts beim Lieferanten zum Bedarfszeitpunkt in der eigenen Produktion [WIENDAHL H.-H. 1998, S. 101, WESTKÄMPER U.A. 1998].

Im dritten Fall ist die Produktionssteuerung weder durch Kundenwünsche noch durch Abstimmungen mit den Kunden geprägt. Es wird nur dann produziert, wenn geplante Ressourcen verfügbar sind. Auch diese Klasse wird mit dem Schiebeprinzip gesteuert (③).

Sollen wenig planbare, kundenindividuelle Aufträge erfüllt werden, können auch diese mit dem Schiebeprinzip gesteuert werden (④).

## Aus Strukturierung und Steuerung der Produktion abgeleitete Anforderungen

Die Möglichkeit, die Bevorratungsebene variieren zu können, von der aus ein Kundenauftrag befriedigt wird, ist eine weitere zusätzliche Anforderungen an das Informationsmanagement.

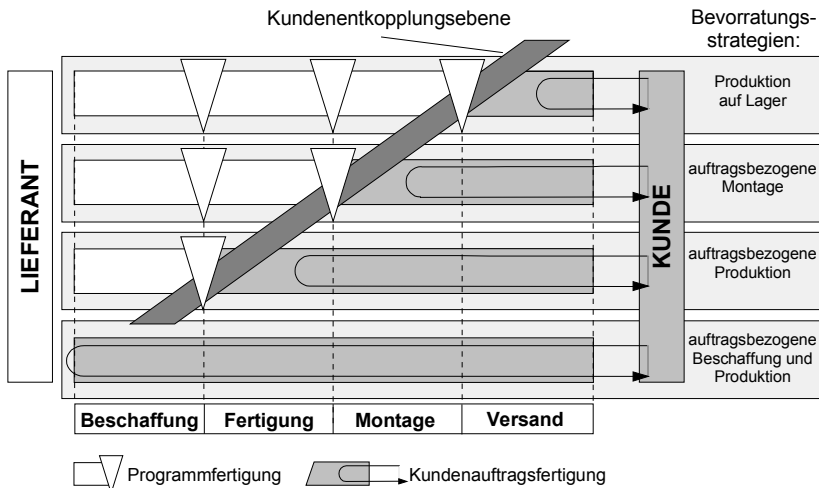


Bild 20: Unterschiedliche Bevorratungsstrategien [EIDENMÜLLER 1995, S. 48]

### 3.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend können aus den Freiheitsgraden von Strukturierung und Steuerung der Produktion folgende Anforderungen an eine informationstechnische Architektur, die die Basis einer wandlungsfähigen Produktion darstellt, abgeleitet werden:

- Abbilden unterschiedlicher Strukturierungsprinzipien,
- Wechsel zwischen verschiedenen Strukturierungsprinzipien,
- Änderung der Überlagerung unterschiedlicher Strukturierungsprinzipien,
- Wechsel der Anforderungsdimension der Organisation, insbesondere:
  - Darstellung von Zentralität bzw. von Dezentralität,
  - Unterstützung hierarchischer und egalitärer Kommunikation,

## **Aus Strukturierung und Steuerung der Produktion abgeleitete Anforderungen**

---

- Unterstützung formaler und informeller Organisation,
- Abbildung geschlossener und offener Unternehmen,
- Wechsel der Steuerungsstrategien,
- gleichzeitige Nutzung unterschiedlicher Steuerungsstrategien,
- Variation der Bevorratungsebene.

## **4 Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen**

### **4.1 Übersicht**

In diesem Kapitel werden die Anforderungen erarbeitet, die sich aus bestehenden Methoden und Ansätzen der Produktionsplanung und –steuerung (PPS) an ein Informationsmanagement zur Unterstützung des Wandels in der Produktion ergeben.

Dazu werden Möglichkeiten zur Klassifizierung einer Produktion dargestellt und erweitert, mit deren Hilfe eine optimale Unterstützung mit PPS-Systemen gefunden werden soll. Die Möglichkeit, mit unterschiedlichen Klassifizierungen zu arbeiten stellt eine Anforderung an die Architektur dar, die in diesem Kapitel beschrieben wird.

Weiterhin werden bestehende PPS-Konzepte vorgestellt, die unterschiedliche Einsatzfälle abdecken. Die Möglichkeit, die unterschiedlichen Konzepte realisieren zu können, bildet eine weitere Anforderung an die Architektur.

Außerdem werden erweiterte PPS-Ansätze aus der Forschung sowie das Leitstandsprinzip dargestellt. Der Einsatz dieser Konzepte bietet in bestimmten Anwendungsfällen Vorteile, die genutzt werden sollen. Daher ist es notwendig, dass die Architektur diese erweiterten Ansätze ebenfalls abdeckt.

### **4.2 Klassifizierung der Produktion**

Der Produktionslogistik stehen zur Bildung der in Kapitel 2 beschriebenen Regelkreise auf Ebene der Disposition und Steuerung unterschiedliche Methoden und Hilfsmittel der Produktionsplanung und -steuerung zur Verfügung. Im Aachener PPS-Modell [HORNUNG U.A. 1994] (Bild 21) sind die Aufgaben beschrieben, die zur Steuerung eines Unternehmens innerhalb einer bestimmten Struktur nötig sind. Dabei wird zwischen Kern- und Querschnittsaufgaben unterschieden. Die Kernaufgaben beschäftigen sich mit der Planung und Steuerung der Produktion im engeren Sinne während die Querschnittsaufgaben der Integration und Optimierung der PPS dienen.

## Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen

Absatzprognosen und Aufträge bestimmen in der PPS die Teilaufgaben für einzelne Leistungsträger. Daraus resultierend werden die Aufträge vergeben und überwacht [KÜHNLE 1990]. Die wichtigsten Aufgaben der PPS sind Produktionsprogrammplanung, Mengenplanung, Termin- und Kapazitätsplanung, Auftragsveranlassung und -überwachung.

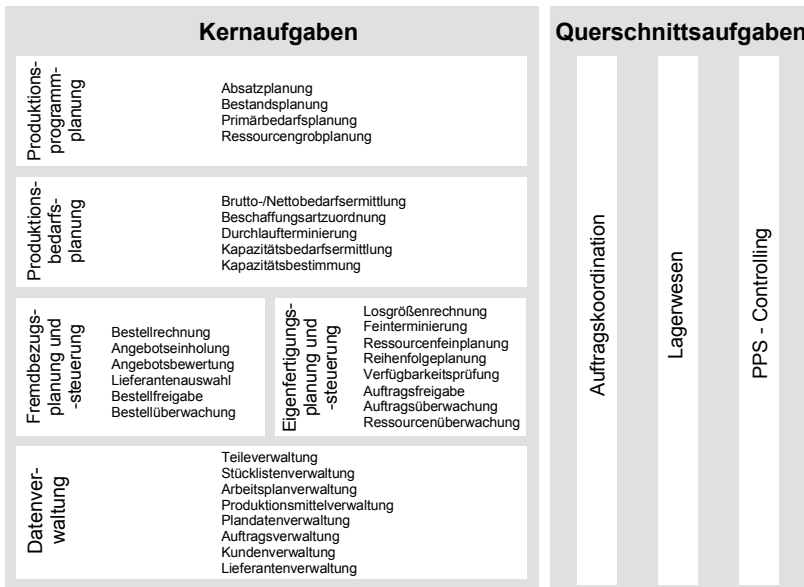


Bild 21: Hauptaufgaben der PPS [HORNUNG U.A. 1994]

HACKSTEIN [1989] unterscheidet bei der Funktionsweise drei Planungsebenen, die Grobplanung, die mittelfristige Planung und die Feinplanung, wobei die Übergänge zwischen den Ebenen fließend sind. Dabei baut die klassische PPS auf bestehenden Strukturen auf.

In der Grobplanung - auch Absatzplanung genannt - wird der Primärbedarf ermittelt, der im Rahmen der Produktionsplanung in ein realisierbares grobes Produktionsprogramm umgesetzt wird. Hier erfolgt ebenfalls grobe Terminierung der Kundenaufträge.

Für die aus der Grobplanung resultierenden Produktionsaufträge wird im Rahmen der mittelfristigen Planung der Sekundärbedarf ermittelt. Es wird überprüft, ob Ressourcen für eine Eigenfertigung verfügbar sind oder ob Fremdbezug zu veranlassen ist. Anschließend



erfolgt die Detaillierung der Fertigungsaufträge bzw. die Vorgabe der Beschaffungsaufträge.

Die Feinplanung der Eigenfertigungsaufträge geschieht in der Produktionssteuerung mit Hilfe von Vorwärts- und Rückwärtsterminierung ebenso wie die Überwachung des Arbeitsfortschritts.

Die Einordnung von Methoden zur Erfüllung der dargestellten Aufgaben kann durch unterschiedliche Typologisierungen vorgenommen werden. Eine funktionsorientierte Gliederung von betriebstypologischen Merkmalen wird von SCHOMBURG [1980, S.34ff] aufgestellt und von BÜDENBENDER [1991, S.23ff] und Sames [SAMES & BÜDENBENDER 1993, S.1ff] erweitert. Sie bestimmen die Art und Weise wie PPS-Funktionen genutzt werden [HACKSTEIN 1989](Bild 22). Dabei wird von der Auftragsinitiierung über das Erzeugnisspektrum und die verschiedenen Möglichkeiten der Disposition bis hin zu unterschiedlichen Organisationsformen der Produktion ein morphologisches Merkmalschema aufgebaut. Die typologische Einordnung eines Unternehmens in dieses Schema erleichtert es, die nötige Funktionalität der PPS auszuwählen und optimal anzupassen.

Grundlage einer solchen Kategorisierung ist die Erkenntnis, dass sich Industriebetriebe neben den hergestellten Produkten und ihrer Größe u.a. auch darin unterscheiden, welche Organisationsform in der Produktion vorherrschend ist. Der mengenmäßige Auftragsumfang führt u.a. zur Unterscheidung in Einzel-, Serien- und Massenfertigung. Neben diesen genannten Fertigungsarten kann nach den angewandten Fertigungsprinzipien wie Gruppen- oder Werkstättenfertigung klassifiziert werden. Als Organisationsformen der Fertigung versteht man hier die unterschiedlichen Formen der möglichen Kombination aus Fertigungsarten und Fertigungsprinzipien. Den Organisationsformen stehen wiederum einige Fertigungssteuerungsverfahren gegenüber. PAPE [1990, S. 11f] fasst dies in dem Satz zusammen: "Für diese Fülle an Kombinationsmöglichkeiten existiert zwar auch ein reichhaltiges Marktangebot an PPS-Systemen, jedoch läßt sich schnell belegen, daß der Vielfalt im industriellen Organisationsprozeß durch die heutigen PPS-Systeme kaum Rechnung getragen wird".

HACKSTEIN unterscheidet bei seiner funktionsorientierten Gliederung der betriebstypologischen Merkmale hinsichtlich der Strukturgrößen, die die Funktionalität einer Produktion augenblicklich beschreiben. TRACHT [1997, S. 46] hingegen berücksichtigt bei seiner ein-

## Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen

flussorientierten Gliederung die Strukturgrößen, die den Einfluss und dadurch die Anforderungen an eine Produktion beschreiben. Dazu nutzt er die Ausprägung von Absatzmarkt, Produkt, Beschaffungsmarkt und Produktion. Dies hat den Vorteil, dass die Kausalkette von der Unternehmensstrategie über die Markt- und die Produktdefinition zur Struktur- und Steuerungsplanung transparenter ist und eine Auswahl der Funktionalität der PPS besser an die Anforderungen, die an ein Unternehmen gestellt werden, angepasst werden kann.

Strukturgrößen		Merkmalsausprägungen				
1	Auftragsauslösungsart	Bestellungen/ Einzelaufträge	Bestellungen/ Rahmenaufträge	anonyme Vor-/ kundenbezogene Endproduktion	Lager	
2	Erzeugnisspektrum	Kundenspezifikation	kundenspezifische Varianten	Standarderzeugnisse mit Varianten	Standarderzeugnisse mit Varianten	
3	Erzeugnisstruktur	mehrtellige Erzeugnisse mit komplexer Struktur		mehrtellige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	geringteilige Erzeugnisse	
4	Ermittlung des Erzeugnisbedarfs	bedarfsorientiert auf Erzeugnis-/ Komp.ebene	teilw. erwartungs-/ bedarfsorientiert auf Komp.ebene	erwartungsorientiert auf Komp.ebene	erwartungsorientiert auf Erzeugnisebene	verbrauchsorientiert auf Erzeugnisebene
5	Auslösung des Sekundärbedarfs	auftragsorientiert	teilw. auftrags-/ periodenorientiert		periodenorientiert	
6	Beschaffungsart	weitgehender Fremdbezug	Fremdbezug in größerem Umfang		Fremdbezug unbedeutend	
7	Bevorratung	keine Bedarfspositionen	Bedarfspositionen auf unteren Strukturebenen	Bedarfspositionen auf oberen Strukturebenen	Erzeugnisse	
8	Fertigungsart	Einmalfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung	
9	Ablaufart in der Fertigung	Werkstattfertigung	Inselfertigung	Reihenfertigung	Fließfertigung	
10	Ablaufart in der Montage	Baustellenmontage	Gruppenmontage	Reihenmontage	Fließmontage	
11	Fertigungsstruktur	Fertigung mit großer Tiefe		Fertigung mit mittlerer Tiefe	Fertigung mit geringer Tiefe	
12	Kundenänderungseinfluss während der Fertigung	Änderungseinflüsse in größerem Umfang		Änderungseinflüsse gelegentlich	Änderungseinflüsse unbedeutend	

Bild 22: Funktionsorientierte Gliederung von betriebstypologischen Merkmalen [HACKSTEIN 1989]

Beide Ansätze gehen zwar von unterschiedlichen Klassifizierungsmerkmalen aus, zeigen aber auch auf, dass es eine, an die augenblickliche Situation optimal angepasste Produktionsstruktur mit Steuerungsstrategien gibt, die von PPS-Systemen unterstützt werden müssen. Allerdings können bei beiden Kategorisierungen keine weiteren klassifizierenden Faktoren, die maßgeblichen Einfluss auf die produktionslogistischen Abläufe haben können, eingeordnet werden. Die Qualitätsfähigkeit von bestimmten Maschinen oder Produktionsprozessen ist z. B. eine solche Größe, wie von GALLASCH UND GÖTTE [1996, S. 319 –

## Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen

323] und PENZ [1996] dargestellt. Eine weitere Größe kann z. B. die Betrachtung der entstehenden Kosten bei der Auftragsbearbeitung sein, die mit Einführung von dynamischen Maschinenstundensätzen, abgeleitet aus aktuellen und geplanten Auslastungszahlen, durch PPS-Systeme unterstützt werden kann. Auch hier wird eine neue Klasse eingeführt, die zwar sehr speziell aber dennoch im betrieblichen Umfeld relevant ist und somit Beachtung finden muss.

Strukturgrößen		Merkmalsausprägungen			
1	Auftragsauslösungsart	Produktion auf Bestellung mit Einzelaufträgen	Produktion auf Bestellung mit Rahmenaufträgen	kundenanonyme Vorproduktion/ auftragsbezogene Endprod.	Produktion auf Lager
2	Lieferzeit	lange Lieferzeit	mittlere Lieferzeit	kurze Lieferzeit	sehr kurze Lieferzeit
3	Änderungseinflüsse	Änderungseinflüsse in größerem Umfang		Änderungseinflüsse gelegentlich	Änderungseinflüsse unbedeutend
4	Lieferantenbindung	frei verfügbare Vor-erzeugnisse ohne feste Lieferantenbindung	frei verfügbare Vor-erzeugnisse ohne feste Lieferantenbindung	spezialisierte Vor-erzeugnisse mit fester Lieferantenbindung	
5	Fertigungstiefe	hohe Fertigungstiefe	mittlere Fertigungstiefe	geringe Fertigungstiefe	
6	Erzeugnisstruktur	mehrtellige Erzeugnisse mit komplexer Struktur	mehrtellige Erzeugnisse mit einfacher Struktur	geringteilige Erzeugnisse	
7	Erzeugnisspektrum	Erzeugnisse nach Kundenspezifikation	typisierte Erzeugnisse mit kundenspezifischen Varianten	Standard-erzeugnisse mit Varianten	Standard-erzeugnisse ohne Varianten
8	Fertigungsart	Einzel-fertigung	Serien-fertigung	Massen-fertigung	
9	Fertigungsstruktur	geringe Anzahl Arbeitsgänge	mittlere Anzahl Arbeitsgänge	hohe Anzahl Arbeitsgänge	
10	Ablaufart	Werkstatt-fertigung	Insel-fertigung	Fließ-fertigung	
11	Technologie	geringer Technologie-einfluss	mittlerer Technologie-einfluss	starker Technologie-einfluss	
12	Prozessbeherrschung	Ausschuss unbedeutend	Ausschuss gelegentlich	Ausschuss erheblich	

Bild 23: Einflussorientierte Gliederung von betriebstypologischen Merkmalen [TRACHT 1997]

Neben der Anpassbarkeit an die beschriebenen grundlegenden Klassifizierungen wird als weitere Anforderung der spätere Wechsel der Klassifizierung und die nachträgliche Erweiterung der Funktionalität der PPS um zusätzliche Aspekte, die nicht in allgemeingültigen Merkmalschemata abgebildet sind, formuliert.

### 4.3 PPS-Konzepte

Um die in Kapitel 3 dargestellten grundlegenden Steuerungsprinzipien Schiebe- und Ziehprinzip in der Praxis umzusetzen und die beschriebenen Klassifizierungen abzudecken, bestehen unterschiedliche Konzepte für Planungs- und Steuerungssysteme. Deren wichtigste Vertreter sind Material Requirements Planning (MRP I), Manufacturing Resource Planning (MRP II), Optimized Production Technology (OPT bzw. Engpasssteuerung), Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BoA), Fortschrittszahlensteuerung (FZ) und KANBAN [WILDEMANN 1992, S. 48-57]. Dabei ist MRP (I und II) eindeutig dem Schiebeprinzip und KANBAN dem Ziehprinzip zuzuordnen. BoA und FZ werden meistens dem Schiebepprinzip zugeordnet [WIENDAHL 1996B, S. 14-84], wobei OPT nach der Methode vorgeht, vor einem Engpass nach dem Ziehprinzip und nach dem Engpass nach dem Schiebepprinzip zu steuern.

Folgende Tabelle zeigt die Abdeckung der Funktionalität der PPS - wie Produktionsprogrammplanung, Mengenplanung, Terminplanung, Auftragsfreigabe, Fertigungssteuerung sowie Controlling - durch die entsprechenden PPS-Konzepte [WILDEMANN 1992, S. 48-89]. Zusätzlich wird die Betriebsdatenerfassung und -rückkopplung betrachtet. Eine Forderung an moderne Planungs- und Steuerungskonzepte ist die Integration möglichst vieler dieser Funktionsgruppen. Diese Forderung muss mindestens von der aufzubauenden Architektur abgedeckt werden.

Als weitere Anforderung an eine Architektur eines Informationsmanagements ist der Einsatz der unterschiedlichen dargestellten Methoden und ein möglicher Übergang von einem PPS-Konzept zu einem anderen.

Bestehende PPS-Systeme erlauben in der Regel nur die Anwendung einer einzigen Steuerungsphilosophie von Zieh- oder Schiebepprinzip [FAISST 1994]. Wie Untersuchungen von PAPE [1990, S. 11f] zeigen, kann die Fertigung eines Unternehmens in Bereiche unterschiedlicher Organisationsformen aufgeteilt werden. So ist zum Beispiel nicht selten ein Teil der Fertigung nach dem Werkstattprinzip geordnet, ein anderer nach dem Fließprinzip. Denn wenn die gesamte Fertigung mit ein und derselben Steuerungsphilosophie gesteuert wird, so erfolgt die Steuerung von zumindest einem Teil der Fertigung unzweckmäßig und nicht optimal.

## Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen

Aus diesem Grund wird die Forderung nach der gleichzeitigen Nutzung unterschiedlicher PPS-Konzepte in den Anforderungskatalog aufgenommen.

PPS-Konzepte	MRP	BOA	OPT	FZ	KAN-BAN
PPS Funktion					
Produktionsprogrammplanung	■	□	■	□	□
Mengenplanung	■	□	□	■	□
Terminplanung	■	□	□	□	□
Auftragsfreigabe	■	■	■	■	□
Fertigungssteuerung	■	■	■	□	■
Betriebsdatenverarbeitung	■	■	■	■	■
Controlling	■	□	□	■	■

vollständig erfüllt
  unvollständig erfüllt
  nicht erfüllt

Tabelle 2: Abdeckung von PPS-Funktionen durch PPS-Konzepte [WILDEMANN 1992, S. 48-89].

### 4.4 Logistikorientierter PPS-Ansatz

In der Literatur werden grundsätzlich entscheidende ursächliche Nachteile von PPS-Systemen aufgezeigt. Dies ist darin begründet, dass der Informationsfluss ausschließlich auf exakte Arbeitsanweisungen für die Fertigung ausgerichtet ist und PPS-Systeme mit unscharfen Informationen, die in einer Arbeitsumgebung mit Menschen oft auftreten und mehr Flexibilität bieten, nicht umgehen können. Weiterhin bestehen keine Möglichkeiten der Rückkopplung. Treten Störungen im Produktionsablauf, zum Beispiel eine Maschinenstörung, oder unvorhersehbare Änderungen bei der Bearbeitung erst nach abgeschlossener Feinplanung auf, so kann der Prozess nicht nachgesteuert werden, sondern muss komplett neu geplant werden. Die aktuelle Kapazitätsauslastung von Ressourcen wird bei Änderungen oder bei einer unzureichend detaillierten Planung nicht berücksichtigt, da lokale Informationen und persönliche Erfahrungen des Personals nicht sofort vor Ort berücksichtigt

## Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen

---

werden und in den aktuellen Produktionsprozess einfließen [DAHLKE 1996]. Neue Organisationsformen in der Fertigung mit zunehmend eigenständiger Verantwortung werden von zentralistisch und hierarchisch strukturierten PPS-Systemen unzureichend unterstützt. Eine Berücksichtigung der tatsächlichen Kapazitätsbelastungen und der exakten Informationen zur Feinplanung erfolgt somit nicht.

PPS-Systeme arbeiten hervorragend als Planungssysteme, solange die auftretenden Abweichungen in einem prognostizierten Rahmen bleiben. Da die Prozesse der Produktionsteuerung aber durch eine stetige Dynamik gekennzeichnet sind, treten sowohl bei der Termin Einhaltung und der auf unvorhergesehene Ereignisse und Störungen im Produktionsablauf Schwierigkeiten auf [WIENDAHL 1993]. Dies ist dadurch bedingt, dass vorwiegend mit Plandaten gearbeitet wird, während ein reales Produktionssystem Schwankungen in der Auftragslage unterliegt und dadurch die Plandaten nicht die Realität widerspiegeln. Ein logistikorientierter PPS-Ansatz stellt nach WIENDAHL und HAUZ eine Lösung dieses Problems dar und sollte möglichst die aktuelle Situation der Produktion als Planungsgrundlage nutzen [WIENDAHL 1993, HAUZ 1993]. Dies kann durch eine stärkere Orientierung an konkreten Aufträgen innerhalb der Produktion erreicht werden. In Tabelle 3 sind die wesentlichen Unterschiede zwischen einem traditionellem und einem logistikorientiertem PPS-Ansatz zu entnehmen:

<b>Traditioneller und logistikorientierter PPS-Ansatz</b>	
Produktionsbezogen	Kundenbezogen
Überwiegend planorientiert	Auftragsorientiert
Auf Planung und Steuerung der Produktion ausgerichtet	Auf Erfüllung von Kundenaufträgen ausgerichtet
Nimmt beschränkte Kapazität an	Fordert und disponiert Kapazität
Nimmt feste Beschaffungslaufzeiten an	Arbeitet mit kundenorientierte Beschaffungslaufzeiten

*Tabelle 3: Unterschiede zwischen einem traditionellen und einem logistikorientierten PPS-Ansatz [WIENDAHL 1993]*

Die dargestellten Defizite von PPS-Systemen und die Vorteile des logistikorientierten PPS-Ansatzes zeigen auf, dass in Zukunft an PPS-Systeme neue Anforderungen gestellt werden müssen.

Zum einen sollte die Möglichkeit bestehen, eine verbesserte Auftragsorientierung und auch die Verfolgung einzelner Aufträge kundenbezogen durch die Produktion durchzuführen. Weiterhin ist gefordert, ein realistischeres Bild der Produktionsumgebung im PPS-System abzubilden, für die ein Plan erstellt werden soll. Dies sollte weniger mit Plandaten geschehen, die einmal festgelegt über lange Zeiträume konstant bleiben, als vielmehr mit Real- oder dynamischen Plandaten, die der aktuellen Situation angepasst, aus aktuellen Realdaten berechnet werden. Weiterhin ist ein regelnder Eingriff schon bei der Planerstellung notwendig und nicht erst bei der Steuerung schon freigegebener Aufträge.

Auch eine bessere Integration von Menschen in die Planung, vor allem mit unterschiedlichen Kompetenzen, ist in Zukunft erforderlich [LOEPER 1995] was gleichzeitig eine bessere Anpassung an unterschiedliche Organisationsformen bedingt.

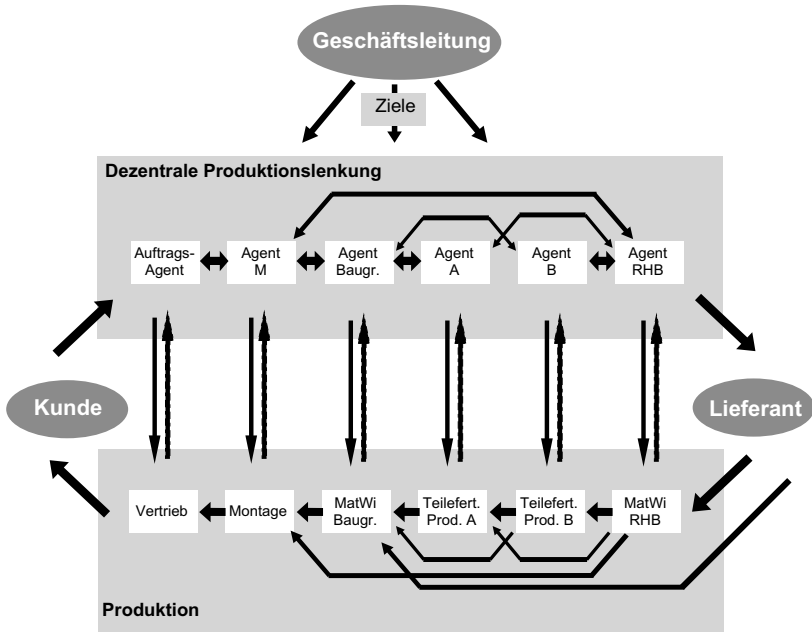
Die genannten erweiterten Anforderungen an PPS-Systeme werden in den Anforderungskatalog an eine Architektur, die die Basis des Wandels in der Produktion darstellt, übernommen.

### **4.5 Erweiterte Steuerungsstrategien der PPS**

Diesen dargestellten Anforderungen versuchen unterschiedliche Ansätze von Planungs- und Steuerungssystemen in der Forschung gerecht zu werden. In Bild 24 ist ein dezentrales Produktionssteuerungssystem in Form eines Multi-Agenten-Systems dargestellt, in dem Agenten aus verschiedenen Bereichen miteinander verhandeln und ihre Leistungen durch Absprachen koordinieren.

WEIGELT [1994] beschreibt mit seinen Systemen DEPRODEX 1, 2 und 3 jeweils ein System zur Produktionslenkung mit kooperierenden, konkurrierenden Agenten und einer Kombination aus kooperierenden und konkurrierenden Agenten. Angestoßen durch einen Kundenauftrag verhandeln die Agenten unterschiedlicher Bereiche konkrete Mengen und Termine, um dem Kunden auf diese Weise zuverlässige Angaben zu machen. Die Verhandlungen, die auf definierten Kommunikationsprotokollen basieren, sind teilautomati-

siert und finden auf verschiedenen Detaillierungsstufen statt. Teilautonomie bedeutet hierbei, dass die Agenten ausschließlich für die Bereitstellung von Diensten, der Produktionsleistung und deren Planung zuständig sind. Sach- und Formalziele dürfen von Agenten nicht festgelegt werden, da diese nur aus ihrer lokal begrenzten Sicht handeln und die Auswirkungen auf das Gesamtsystem nicht abschätzen können [WEIGELT 1994].



MatWi Baugr. = Materialwirtschaft Baugruppe  
 Teilefert. Prod. A = Teilefertigung Produkt A  
 MatWi RHB = Materialwirtschaft Roh-, Hilfs-, Betriebsstoffe

*Bild 24: Nichthierarchisches Agenten-Netzwerk nach WEIGELT [1994]*

Auch die Verhandlung von Aufträgen mit Hilfe eines Verhandlungsführers stellt eine Möglichkeit zur Produktionsplanung und -steuerung dar. Ziel dabei ist es, den Produktionsablauf vor Ort so zu gestalten, dass jedes Produkt mit dem geringsten Ressourcenverbrauch wirtschaftlich hergestellt wird [REINHART & ANSORGE 1997]. Die Zentrale des Verhandlungsmechanismus ist dabei der Verhandlungsführer. Er erhält einen Kundenauftrag, formuliert eine Ausschreibung für die Bearbeitung und schickt diese sowohl an alle



Maschinen in der Produktion als auch an den Einkauf. Die Maschinen, die zu einer Bearbeitung in der Lage sind, melden sich und geben exakt an, zu welchen Terminen sie diesen Auftrag bearbeiten können. Neben den unternehmenseigenen Maschinen erstellt die Einkaufsabteilung ebenfalls Angebote und bietet quasi als Konkurrenz für die Maschinen mit. Der Verhandlungsführer führt die Verhandlungen durch, bewertet die Angebote mit einer dimensionslosen Punkteskala und gibt dem besten Angebot - Maschine oder Einkaufsabteilung - den Zuschlag für die Bearbeitung. Tritt eine unvorhergesehene Situation - zum Beispiel eine Maschinenstörung - ein, die nicht durch erneutes Verhandeln durch die Maschine selbst gelöst werden kann, so meldet sich die Maschine beim Verhandlungsführer, der wiederum eine entsprechende Ausschreibung an alle Maschinen verschickt, woraufhin die anderen Maschinen Angebote schicken. Der Verhandlungsprozess beginnt von neuem [REINHART & ANSORGE 1997].

Die Verhandlung von Aufträgen stellt vor allem bei schwer determinierbaren Prozessen, wie sie in der Einzelfertigung auftreten, eine sehr gute Steuerungsstrategie dar [ZELEWSKI 1993A]. Die vorgestellten Beispiele werden in der Literatur von BARBUCEANU & FOX [1994], BAKER [1995] und von BALDI & GMILKOWSKY [1997] weiter ergänzt. Eine Differenzierung der einzelnen Ansätze findet dabei im Wesentlichen hinsichtlich der Ziele statt, die bei den Verhandlungen verfolgt werden.

Als Anforderung an ein Informationsmanagement zur Unterstützung einer wandlungsfähigen Produktion wird daher formuliert, die Möglichkeit zu bieten, Aufträge auf Basis von Verhandlungen durch eine Produktion zu steuern.

### 4.6 Leitstandsprinzip

Eine informationstechnische Lösung zur besseren Integration von Menschen und zur aktuelleren Steuerung bieten Leitstandskonzepte. Diese sehen vor, Leitstände bzw. Leitstandssysteme einzusetzen. Leitstandssysteme stellen dabei einen Kompromiss zwischen manueller und automatischer Produktionssteuerung dar. Sie können prinzipiell auch Steuerungsverfahren wie KANBAN oder die Belastungsorientierte Auftragsfreigabe (BoA) informationstechnisch unterstützen, haben jedoch als Kernfunktion die Feinterminierung und Werkstattsteuerung. Während gekoppelte Leitstände lediglich die reine datentechnische Verknüpfung von autonom planenden Systemen realisieren, können verteilte Leitstände den

Produktionsablauf durch Koordinationsmechanismen bereichsübergreifend optimieren [SCHEER 1991].

Leitstände werden überwiegend in der zentralen Arbeitsvorbereitung zur Steuerung der Fertigung und Montage eingesetzt. Ein Leitstand fungiert dabei als Bindeglied zwischen PPS-System und dem eigentlichen Produktionssystem. Der Funktionsumfang eines Leitstandes ist in die Datenübernahme und -verwaltung, die Belegungsplanung, die Auftragsfreigabe und -veranlassung, die Auftragsverteilung und -koordination und in die Fertigungsüberwachung gegliedert [AUPERLE 1997]. Dabei bestehen bei Leitstandskonzepten unterschiedliche Defizite. So ist die Koordination zwischen einem Leitstand und einem PPS-System dann problematisch, wenn die vom PPS-System vorgegebenen Ecktermine - zum Beispiel aufgrund einer Maschinenstörung - nicht eingehalten werden können [STADTLER 1993]. Für einen Überblick über den aktuellen Fertigungszustand müssen Informationen erst aus einzelnen dezentralen Leitständen zusammengeführt werden. Auch ist durch den Einsatz von Leitständen mit vorgeschalteten PPS-Systemen die Koordination zwischen teilautonomen Fertigungsbereichen nicht gewährleistet und man benötigt ein koordinierendes Informationssystem, das die Planungsziele der verschiedenen Teilbereiche aufeinander abstimmt.

Vorteile des Leitstandes als Informationssystem sind sowohl die Bereitstellung aktueller Information als auch die Interaktion zwischen den Menschen und den Planungssystemen. Dadurch erleichtert sich die Steuerung überschaubarer Bereiche.

Um bei Bedarf die genannten Vorteile des Leitstandskonzeptes nutzen zu können, wird in die Liste der Anforderungen die Möglichkeit aufgenommen, Informationssysteme auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus mit Hilfe der Architektur aufzubauen.

### **4.7 Zusammenfassung**

Zusammenfassend können aus bestehenden Methoden und Techniken der PPS folgende Anforderungen an eine informationstechnische Architektur, die die Basis einer wandlungsfähigen Produktion darstellt, abgeleitet werden:

- Anpassbarkeit mit Klassifizierungsschemata,
- Änderung der Klassifizierung,

## **Aus Methoden der Produktionslogistik abgeleitete Anforderungen**

---

- nachträgliches Erweitern der Funktionalität der PPS,
- Integration unterschiedlicher Funktionalität der PPS,
- Wechsel der PPS-Konzepte,
- gleichzeitige Nutzung unterschiedlicher PPS-Konzepte,
- Verfolgung einzelner Aufträge durch die Produktion,
- Abbilden eines realistischen Bilds der Produktion,
- Planung mit Realdaten,
- Steuerung auf Basis von Verhandlungen,
- Integration des Menschen in die Planung,
- Ermöglichen des Leitstandsprinzips.

# 5 Grundlagen der Gestaltung von Informationssystemen

## 5.1 Übersicht

In diesem Kapitel werden die Anforderungen dargestellt, die sich aus dem Stand der Technik beim Aufbau von Informationssystemen ergeben.

Die Objektorientierung stellt heute den Stand der Technik bei der Softwareerstellung dar. In diesem Kapitel werden die grundlegenden Konzepte zur effektiveren Nutzung der Objektorientierung, die Klassenbibliotheken, die Frameworks und die verteilten Objekte, vorgestellt. Anschließend wird daraus abgeleitet, dass die aufzubauende Architektur auf Basis von verteilten Objekte gestaltet werden muss.

Weiterhin wird CORBA (common object request broker architecture) als Basistechnologie für verteilte Objekte beschrieben. Aufbauend auf CORBA und verteilten Objekten wird erläutert, dass die Methode der verteilten Agenten als Basistechnologie für die hier beschriebene Architektur eingesetzt werden sollte.

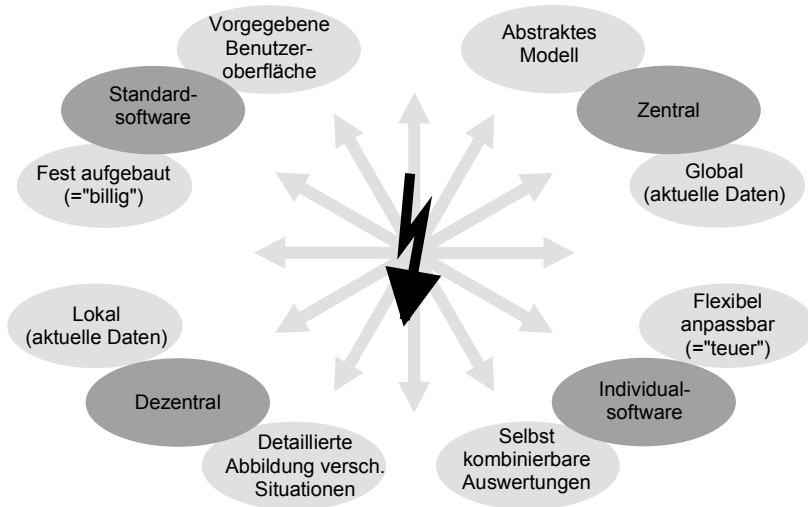
## 5.2 Softwarearchitekturen

Eine effektive und effiziente Informationstechnik ist die Basis des Informationsmanagements. Die Informationstechnik ist dabei in einem Spannungsfeld von zum Teil widersprüchlichen Anforderungen eingebettet (Bild 25). Beispielsweise soll die Benutzeroberfläche eines Informationssystems einerseits möglichst einem Standard entsprechen, um einen schnellen und einfachen Zugang durch unterschiedliche Nutzer zu gewährleisten, andererseits sind aber individuelle Auswertungen und Abläufe dringend erforderlich, um eine Anpassung an individuelle und neue Anforderungen zu ermöglichen. Das Spannungsfeld lässt sich in die Kategorien zentrale versus dezentrale Informationssysteme und Individualsoftware versus Standardsoftware zusammenfassen.

Da die Frage, ob Software zentral oder dezentral gestaltet wird, immer vom individuellen Einsatzfall abhängt, wird an die Architektur die Anforderung gestellt, beide Möglichkeiten

beim Aufbau von Software offen zu halten und einen späteren Wechsel leicht zu ermöglichen.

Durch den Einsatz von Individualsoftware können Unternehmen Wettbewerbsvorteile erzielen, da die Software individuell auf die Prozesse des Unternehmens zugeschnitten wird. Somit wird das Ausnützen von strategischen Potentialen ermöglicht, die in individuellen Prozessen liegen. Standardsoftware bietet diesen Vorteil nicht, allerdings hat individuell entwickelte Software ihr gegenüber den Nachteil, dass sie nur unter hohem Kosten- und Zeitaufwand entwickelt werden kann, da eine Mengendegression der Kosten nicht stattfindet.



*Bild 25: Spannungsfeld der Anforderungen an ein Informationssystem*

Ideal ist es daher, den Software-Entwicklungsprozess soweit wie möglich auf standardisierten, oft wiederverwendbaren Bausteinen aufsetzen zu lassen und somit eine leichte und schnelle Individualisierung zu ermöglichen. Die Objektorientierung bietet hierbei eine entscheidende Hilfestellung an [HORN 1993]. Über die Wiederverwendbarkeit von Objekten und Applikationen können kürzere Entwicklungszeiten realisiert und dadurch eine schnellere Marktpräsenz erreicht werden. Ebenso wie die Programmierproduktivität steigt, wird

eine höhere Softwarequalität und eine günstigere Softwarewartung erreicht [HEUER-HASENPATT U.A. 1997]. Zur Nutzung und Erweiterung der Potentiale der Objektorientierung sind die drei Konzepte Klassenbibliotheken, Frameworks und Componentware [DÖMER & KRÖGER 1997] verfügbar.

Klassenbibliotheken stellen die bekannteste und ausgereifteste Form der Standardisierung dar. Sie lassen sich sehr erfolgreich bei Grundfunktionen oder abstrakten Datentypen einsetzen [DÖMER & KRÖGER 1997]. Ihre Wiederverwendbarkeit ist relativ gering, da die Anwendungslogik von Software jedesmal neu programmiert werden muss.

KRAUSE [1997, S. 62] stellt in seiner Untersuchung von Informationssystemen zur Fertigungssteuerung erhebliche Potentiale zur Verbesserung der Anpassflexibilität von EDV-Systemen fest, da die überwiegende Methode zur Anpassung von EDV-Programmen an strukturelle Änderungen der Produktion die Modifikation des Programmcodes ist [SCHRÖDEL 1992].

Von den von KRAUSE untersuchten Konzepten für anpassbare Produktionssteuerungssysteme haben sich nur die Ansätze zur modularen Systemgestaltung weiter verbreiten können. Sie werden fast in allen marktgängigen PPS-Systemen eingesetzt. Das Angebot an Modulen zum Aufbau und Erweitern der Systeme dient vor allem einer stufenweisen Systemeinführung und der Anpassung des Systemumfangs an bestehende Systeme, beispielsweise der Integration vorhandener BDE- oder Lagerverwaltungssysteme. Für die individuelle Anpassung dieser Systeme im Sinne einer Feinabstimmung auf die Produktionsprozesse und die Organisation des Anwenders sind die Module zu umfangreich. Hier greifen die auf einem Framework basierenden Ansätze. Diese verbessern die Wiederverwendbarkeit und die Flexibilität von einzelnen Systemteilen.

Frameworks sind Baukästen für Anwendungsbereiche und stellen sowohl grundlegende Funktionalität wie Oberfläche, Anwendungsstruktur, Datenzugriffe als auch deren abstrakte Verknüpfung bereit.

Offene integrierte Umgebungen lassen sich in Schichten unterteilen. Bei einem Framework-Ansatz stellen Hardware und Betriebssystem, Portabilitätsdienste, Integrations- und Entwicklungsdienste sowie Anwendungen die verschiedenen Schichten eines Frameworks dar, wobei die Schichten 1 bis 3 das eigentliche Framework sind, die werkzeug- und datenmodellunabhängige Dienste zur Verfügung stellen (Bild 26) [BURKERT 1995].

Die Hardware- und Betriebssystemschicht (1) ermöglicht den Einsatz gemischter Hardware und Betriebssysteme. Eine einheitliche Betriebssystemschnittstelle für höhere Schichten wird durch Portabilitätsdienste erreicht, die in Schicht 2 integriert sind. Weiterhin umfasst diese Schicht Konzepte für die drei allgemeinen Dienste eines Frameworks: die gemeinsame Datenhaltung, die gemeinsame Benutzeroberfläche und die gemeinsame Kommunikation von Werkzeugen. Schicht 3 beschreibt Integrations- und Entwicklungsdienste, die dem Anwender bereits vertraute Werkzeuge zur Verfügung stellen. Ferner erhöht sie die Unabhängigkeit der Werkzeuge von spezifischen Implementierungen durch Abstraktion der Integrationsbereiche. Schicht 4 stellt die Anwendungsschicht dar, die kundenspezifisch, standardisiert und domänenneutral ist. Sie enthält die Werkzeuge der integrierten Umgebung und stellt Konzepte für die Definition von Applikationen mit domänenspezifischen Eigenschaften zur Verfügung. Unterschiedliche Anwendungen, entwickelt auf Basis eines Frameworks, unterscheiden sich im wesentlichen in dieser Schicht.

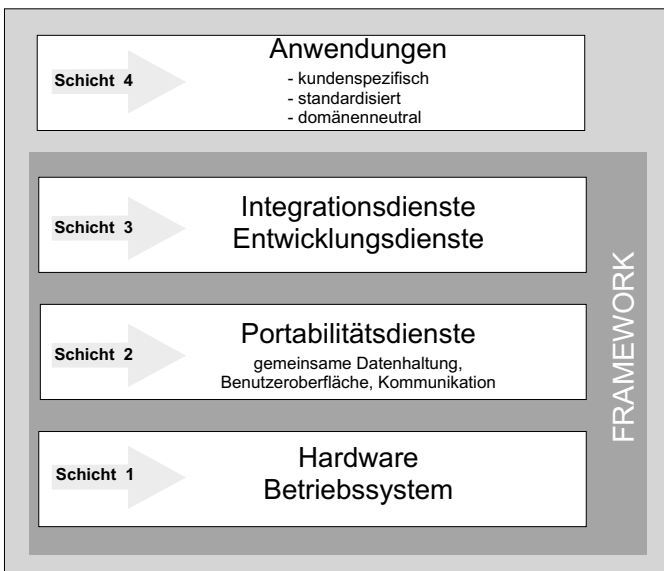


Bild 26: Schichtenmodell von Frameworks

Als Beispiel ist der „Offene Objektorientierte Steuerungs-Baukasten für Fertigungsanlagen“ (OSEFA) zu nennen. Der Anwendungsbereichs-Baukasten OSEFA enthält wiederverwendbare Softwarebausteine, die maschinentechnische Objekte und Konzepte zur Steuerung von Fertigungsanlagen modellieren und repräsentieren [SCHMID 1995].

Einen sowohl noch höheren Standardisierungsgrad als auch höhere Programmierproduktivität bietet das Konzept der Componentware. Hier werden bestehende Softwarebausteine aus einem Komponentenkatalog ausgewählt und so miteinander verbunden, dass sie das gewünschte Informationssystem bilden. Damit dies gewährleistet werden kann, müssen folgende Anforderungen bei der Entwicklung von Componentware erfüllt werden. Dies ist einerseits die Unabhängigkeit der Schnittstellen der Komponenten von der Implementierung [DÖMER & KRÖGER 199,7 S.5], um mit anderen Komponenten zusammenarbeiten können, andererseits die Unabhängigkeit der Komponenten selbst [HEUER-HASENPATT U.A. 1997], das heißt, dass bei Änderungen innerhalb eines Bausteins keine Auswirkungen auf die Art der Bausteinnutzung auftreten sollten. Weiterhin sollten Bausteine eine minimale Abhängigkeit nach außen – z.B. globale Variablen –und eine hohe Portabilität besitzen, damit sie auf unterschiedlichen Rechner-Plattformen eingesetzt werden können. Tabelle 4 gibt einen Vergleich der Konzepte der Klassenbibliotheken, der Frameworks und der Componentware.

Eine Weiterführung des Konzepts der Componentware bildet das Konzept der verteilten Objekte. Dabei werden die einzelnen Komponenten (Bausteine) nicht zu einem lauffähigen Programm zusammengebunden und entsprechend innerhalb dieses Programms verknüpft, sondern es wird auf eine bestehende und einheitliche Kommunikationsschnittstelle aufgebaut und eine Verbindung der einzelnen Bausteine zu einer Anwendung zur Laufzeit erfolgt dynamisch. Dies ist unabhängig davon, wo der Nutzer der Bausteine sich befindet. Somit ist eine Veränderung und eine Verbesserung einzelner Bausteine zur Laufzeit möglich. Weiterhin können Bausteine auch zu Anwendungen hinzugefügt oder entfernt werden. Ein Beispiel für ein System auf Basis von verteilten Objekten stellt das Integrierte Netzwerk zur Fertigungssteuerung und -automatisierung von GEHNEN [1997] dar. Dabei besteht ein Fertigungsleitsystem nicht mehr aus einem monolithischen Informationssystem. Vielmehr werden verteilte Funktionsblöcke innerhalb von Maschinensteuerungen miteinander über ein Netzwerk verknüpft. Diese Verknüpfungen werden mit Hilfe von graphischen



## Grundlagen der Gestaltung von Informationssystemen

---

Werkzeugen konfiguriert. Eine Installation einer Fertigungssteuerung, eine Neustrukturierung eines Fertigungsabschnitts und einer Anlage wird erheblich vereinfacht.

Auf Ebene von PPS-Systemen spielen aufgrund der Standardisierung und Verbreitung zwei Technologien, die dem Konzept der verteilten Objekte als Plattform dienen, eine Rolle. Diese sind zum einen CORBA (Common Object Request Broker Architecture) von der Object Management Group (OMG) und zum anderen DCOM (Distributed Component Object Model) von Microsoft. Dadurch, dass CORBA originär auf den Entwurf verteilter Systeme ausgelegt wurde und CORBA für alle relevanten Systemplattformen zur Verfügung steht, wird im Folgenden die CORBA Technologie näher beschrieben.

Kriterium	Klassenbibliotheken	Frameworks	Componentware
<b>Granularität</b>	klein bis mittel mit Fokussierung auf Teillösungen	mittel bis hoch mit Fokussierung auf Problemlösungen	mittel- bis grobkörnige Objekte der realen Welt
<b>Infrastruktur</b>	Programm-Infrastruktur ist eine Designaufgabe	Programm-Infrastruktur wird zur Verfügung gestellt  Verbindung der Klassen bilden das architektonische Modell	vollständige, wiederverwendbare Anwendungs-komponenten werden zur Verfügung gestellt
<b>Ablaufsteuerung</b>	Ablaufsteuerung muss separat entworfen und umgesetzt werden (Code ruft „Bibliothekscode“)	Framework steuert den Ablauf	kooperativ zwischen verteilten Objekten
<b>Funktionalitätserweiterungen</b>	auf relativ feiner Ebene	auf relativ hoher Ebene	auf hoher Ebene
<b>Wiederverwendungsgrad</b>	Wiederverwendung des Codes, weniger Wiederverwendung des Designs	Wiederverwendung von Code und Design	wie bei Framework
<b>Aufwand für Designer und Entwickler</b>	Entwickler erstellt sämtlichen Code, der erforderlich ist, um die Klassenbibliotheken in die Anwendungen einzubinden (hoch)	Entwickler erstellt nur Code, der das Verhalten des Framework erweitert und spezifiziert (mittel)	wie Framework oder Generierung mit Hilfe einer Spezifikations-sprache auf Grundlage von Frameworks (mittel)
<b>Schwierigkeitsgrad</b>	mittel bis schwierig	hoch (da hohe Abstraktionsebene)	wie Framework

Tabelle 4: Charakteristika von Klassenbibliotheken, Frameworks und Componentware [nach GFALLER 1998].

### 5.3 Common Object Request Broker Architecture (CORBA)

CORBA ist mit dem Ziel entwickelt worden, eine geeignete Architektur für die Verteilung und Zusammenarbeit objektorientierter Softwarekomponenten in vernetzten, heterogenen Systemen aufzubauen. Dadurch können Anwendungen aufgebaut werden, die aus einzelnen Softwarebausteinen zusammengesetzt und über verschiedene Netzwerke beliebig verteilt sein können [OMG 1997, MÜLLER 1997].

CORBA eignet sich für die Realisierung von Client-Server-Architekturen und vereinheitlicht den Informationsaustausch in objektorientierten Systemen. Es stellt einen Standard dar, durch den ein von Plattform- und Programmiersprache unabhängiges Zusammenarbeiten von Objekten über Rechnergrenzen hinweg gewährleistet wird. Grundlage von CORBA ist eine Referenzarchitektur mit dem Namen Object Management Architecture (OMA). Die OMA ist eine Softwarearchitektur, die das Zusammenarbeiten von Anwendungen verschiedener Hersteller ermöglicht. Sie besteht aus folgenden vier Klassen von Bausteinen: dem Object Request Broker (ORB), den Application Objects, den CORBA Services und den CORBA Facilities (Bild 27).

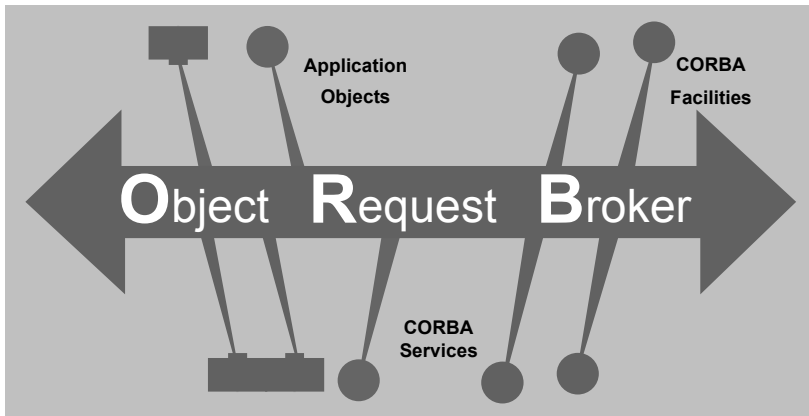


Bild 27: Object Management Architecture (OMA)

Der ORB als Architekturzentrale verbindet alle Objekte einer Anwendung miteinander, ermöglicht ihre Kommunikation und damit ihr koordiniertes Zusammenwirken. Weiterhin

sind in CORBA sowohl die Interface Definition Language (IDL), als Beschreibungssprache der Schnittstellen der verteilten Objekte wie Application Objects, CORBA Facilities und Services, als auch die Interoperabilität zwischen verschiedenen ORBs und die Anbindung von Programmiersprachen spezifiziert [OMG 1998].

Die Application Objects stellen die eigentlichen Anwendungsobjekte - beispielsweise Programme wie Textverarbeitung oder CAD - dar und unterliegen keiner Standardisierung.

sowie mehrere Programmdomänen in jedem CORBA konformen Produkt bereitstellen.

<b>CORBA Services und Facilities</b>	
<b>CORBA Services</b>	<b>CORBA Facilities (horizontal)</b>
Collection Service	Business Object Facility
Concurrency Service	Data Interchange Facility
Event Service	Distributed Document
Externalization Service	Component Facility
Licensing Service	Meta-Objet Facility
Lifecycle Service	Mobile Agent Facility
Naming Service	Printing Facility
Persistence Object Service	System Management Facility
Property Service	
Query Service	<b>CORBA Facilities (vertikal)</b>
Relationship Service	Business Object Facilities
Security Service	Electronic Commerce Facilities
Startup Service	Financial Facilities
Time Service	Manufacturing Facilities
Trader Service	Telecommunication Facilities
Transaction Service	

*Tabelle 5: Übersicht über die von der OMG definierten Anwendungsobjekte und Komponenten*

CORBA Services (Tabelle 5) ermöglichen grundlegende Operationen für die Modellierung und Speicherung von Objekten, worunter man Funktionen versteht, die der Erstellung, Modifizierung, Kopie, Löschung und Persistenz von Objekten dienen. Unter persistenten

Objekten versteht man eine automatische dauerhafte Aufbewahrung von Objekten auf Speichermedien. Die CORBA Services sind durch die Common Object Services Specification (COSS) von OMG definiert und müssen Dienste für unterschiedliche Anwendungsarten CORBA Facilities lassen sich hinsichtlich zwei Kategorien unterscheiden, den horizontalen und den vertikalen Facilities. Die horizontalen beinhalten eine Sammlung von Klassen und Objekten, die allgemein nützliche, höherwertige Dienste für unterschiedliche Anwendungsarten wie zum Beispiel Dokumenten- und Druckmanagement enthalten. Mit Diensten für einzelne Anwendungsbereiche beschäftigen sich die vertikalen Facilities. Auf die Manufacturing Facilities wird im Folgenden noch genauer eingegangen.

Die Hauptbestandteile einer CORBA Anwendung sind der ORB, und die Application Objects als Client und Server. Ein Client kommuniziert mit einem Server, indem er einen Methodenaufruf (Request) an den ORB schickt, der ihn wiederum an den Server weiterleitet. Nach der Bearbeitung des Request sendet der Server dem Client - wiederum über den ORB - eine Antwort (Response) zurück. Sowohl Client als auch Server werden aus Sicht des Betriebssystems als gewöhnliche Prozesse angesehen, die auf beliebigen Rechnern innerhalb eines Netzwerkes liegen können.

Die Manufacturing Facilities, die dazu dienen, Schnittstellen für Informationssysteme im Produktionsbereich verbindlich zu definieren, befinden sich im Augenblick in der Definitions- und Abstimmungsphase [OMG 1996, OMG 1998A, OMG 1998B]. Das Ziel der Manufacturing Facilities ist es, Standardschnittstellen einzuführen, die es Steuerungs- und Planungssystemen in der Produktion ermöglichen, Informationen mit Planungs- und Entwicklungssystemen auf Unternehmensebene auszutauschen, um Produktionsaufträge einzuplanen, auszuführen und zu überwachen. Die Manufacturing Domain Task Force der OMG hat als Gremium die Aufgabe, diese Standardisierung voranzutreiben. Da in unterschiedlichen Produktionssystemen unterschiedliche Datenströme benötigt werden (s.a. Kapitel 2), spezifiziert die OMG die in allen Szenarien gemeinsamen Schnittstellen von Objekten. Diese sind der Produktionsauftrag (Manufacturing Order), die Arbeitsfolge bzw. der Arbeitsplan (Process Specifications), die Produktionsstückliste (Manufacturing Bill of Materials), die Beschreibung von Bauteilen (Item Description) und die Beschreibung von Werkzeugen (Tooling) [OMG 1998B, S. 40-45]. Die Standardisierung der Schnittstellen, die mit Produktdaten eng zusammenhängen, basiert auf dem ISO 10303 (STEP – Standard for the Exchange of Product Model Data) Standard zur Beschreibung von Produkten und

erlaubt den Informationsaustausch zwischen Produktdaten-Management-Systemen und ERP-Systemen [OMG 1998A, OMG 1999]. Dabei können über die Schnittstellen Teile-, Produktstruktur- und Stücklisteninformationen, Statusinformationen bezüglich Bauteilen und Änderungsmanagement ausgetauscht werden.

Für die vorliegende Arbeit wird CORBA als Basis Kommunikationsmedium verwendet und alle Entwicklungen bauen auf CORBA auf. Von den Manufacturing facilities wird die vorliegende Spezifikation zum Austausch von Informationen bezüglich Produkten berücksichtigt. In das vorliegende Konzept werden hauptsächlich das „PdmProductStructureDefinition Model“ und das „PdmManufacturingImplementation Model“ übernommen [OMG 1998A], die zum einen ein Produktmodell und zum anderen ein Arbeitsplanmodell darstellen.

### 5.4 Verteilte Agenten

Agenten sind eine besondere Ausprägung von verteilten Objekten. Eine einheitliche Terminologie bzgl. der Definition von Agenten existiert in der Literatur nicht. MÜLLER [1993] unterscheidet drei Ausprägungen von Agenten, auf die im Folgenden näher eingegangen wird und die sich hinsichtlich ihrer Problemlösungsfähigkeit differenzieren [REINHART U.A. 1998, BOROWSKY U.A. 1999].

Bei der informationstechnischen Agentenauffassung stellt ein Agent eine Einheit in einem automatischen Informationsverarbeitungssystem dar, die zur selbständigen „autonomen“ Ausführung von informationsverarbeitenden Prozessen fähig ist. In der Regel wird die Selbständigkeit nur auf der Software-Ebene vorausgesetzt. Diese Agenten stehen mit ihrer informationstechnischen Umwelt in einer charakteristischen Vielfalt von Kommunikationsbeziehungen. Sie tauschen mit anderen Agenten Nachrichten aus, um dadurch ihre internen informationsverarbeitenden Operationen aufeinander abzustimmen. Diese Art von Agenten sind mit verteilten Objekten vergleichbar. Durch Einsatz einer standardisierten Plattform zur Kommunikation (z.B. CORBA) kann die leichter handzuhabende IDL (Interface Definition Language) der von FINN U.A. [1993] vorgestellten KQML (Knowledge Query Markup Language) als Spezifikationsprache der Schnittstellen vorgezogen werden.

Bei der domänenorientierten Agentenauffassung stellen Agenten teilautonome Einheiten in einem automatischen Informationsverarbeitungssystem dar, die bei der Erfüllung einer gemeinsamen Aufgabe zusammenwirken und dabei sachlich wohldefinierte Teilaufgaben bearbeiten (Multi-Agenten-Systeme).

Die intelligenzbezogene Agentenauffassung fokussiert sich auf den Ursprung der Agententheorie in der Künstlichen-Intelligenz-Forschung. Zusätzlich zur informationstechnischen und domänenorientierten Agentenauffassung wird hier gefordert, dass ein Agent nicht nur eine teilautonome und teilaufgabenspezialisierte Einheit zur Informationsverarbeitung darstellt, sondern auch über ein „gewisses Maß“ an Eigenintelligenz verfügt. Agenten dieses Typs 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 1993B].

Unabhängig von der Eingliederung in eine der drei Gattungen bietet eine agentenorientierte Softwaregestaltung Vorteile [GILBERT 1997]. Die Wirtschaftlichkeit der Programmierung mit Agenten leitet sich aus der Wirtschaftlichkeit des objektorientierten Ansatzes erweitert mit den Vorteilen der verteilten Objekte ab. Somit kann Agentensoftware billiger entwickelt werden als zentrale oder hierarchisch strukturierte Software [DUFFIE U.A. 1986]. Weiterhin ist das Konzept der verteilten Agenten problemlos in das Internet als Plattform einer unternehmensübergreifenden Kommunikation zu integrieren. Agenten können zur Laufzeit zu einem System hinzugefügt bzw. entfernt werden. Ein System aus verteilten Agenten kollabiert auch dann nicht, wenn ein oder mehrere Komponenten ausfallen oder fehlerhaft arbeiten [HATVANY 1985] und sie sind skalierbar und modular. Weiterhin ist es im Wesentlichen weniger teuer, eine große Zahl von billigen Prozessoren zu nehmen, als einen einzigen Prozessor, der die gleiche Rechenleistung besitzt. Agenten können auf solchen Prozessoren verteilt werden und bieten somit einen Kostenvorteil [HATVANY 1985].

STIEFBOLD [1998] baut mit seinem Konzept des Agile Agent Control Environment for Supply Chain Management (AACE) auf dem Konzept der verteilten Agenten auf, um den Nachteil bestehender PPS-Systeme hinsichtlich der Schnittstellen zu umgehen. Eine Rück-

Kopplung von nachgeschalteten Produktionsstufen ist in diesen Systemen nicht vorgesehen. Die Vernetzung von verteilten Einheiten wird nur durch einfache unidirektionale Kommunikation bewältigt und ein Interaktionsprotokoll, das komplexe Koordinationsprozesse bewältigen kann, ist in keinem Konzept vorgesehen.

STIEFBOLD unterscheidet in seinem AACE Konzept vier Arten von Agenten:

1. Agenten zur Programmplanung,
2. Agenten zur Materialplanung,
3. Agenten zur Maschinenbelegung (Fertigungsterminplanung und -steuerung),
4. Agenten zur Auftragsverfolgung.

Hierbei beschreibt er zum einen eine informationstechnische Plattform auf der einzelne Aufgaben der klassischen PPS in Module (Agenten) gegliedert sind, um eine verhandlungsbasierte Auftragseinplanung, Materialbereitstellung und Maschinenbelegungsplanung zu ermöglichen. Er baut dazu ein Kommunikationsprotokoll auf, das AACE-ACL (Agent Control Language),. Mit Hilfe dieses Protokolls gehen die einzelnen Agenten ihrer Aufgabe nach und verfolgen dabei unterschiedliche Zielsetzungen. Der Programmplanungsagent hat als Zielfunktion Lieferbereitschaft und Termintreue. Der Materialplanungsagent stellt die Materialverfügbarkeit zum frühesten Starttermin und die Sicherheitsbestände sicher. Der Maschinenbelegungsagent arbeitet nach den Zielen Termintreue und wirtschaftliche Rüsto Optimierung. Die Aufgaben des Auftragsverfolgungsagenten sind die Ist-Termin, Ist-Mengenüberwachung und die Rückmeldung von Aufträgen.

Der Modellaufbau und die Anpassung der Agenten an sich ändernde Situationen wird in diesem Konzept nicht unterstützt. Die Modelle werden in den einzelnen Modulen (= Agenten) konfiguriert und gehalten, eine dynamische Anpassung ist nicht vorgesehen. Vor allem die in den vorhergehenden Kapiteln geforderte Bandbreite an Einsatzszenarien ist nicht gegeben. Das System hat zwar besonders seine Stärke bei einer Produktion mit wenig determinierten Abläufen, wie allgemein bei verhandlungsbasierten Ansätzen, eine Anpassung an determinierte oder zentral geplante Produktionen ist im Konzept von STIEFBOLD nicht vorgesehen.

GERDES [1997] stellt ein Architekturkonzept für Fertigungsleitsysteme der flexibel automatisierten Fertigung ebenso auf Basis eines Agentenansatzes vor. Der Architekturansatz

zielt darauf ab, die Flexibilität und Offenheit von Fertigungsleitsystemen zu erhöhen. Weiterhin werden geringere Kosten durch eine höhere Wiederverwendbarkeit von einzelnen Komponenten erreicht.

Die Basis des Ansatzes sind dabei Agenten als intelligente Objekte. Diese sind den Betriebsmitteln der Produktion mit Planungs-, Steuerungs-, und Überwachungsbedarf individuell zugeordnet und ergänzen sie zu quasi autonom operierenden Einheiten in der Produktion. Ergänzt wird das Netzwerk aus Agenten durch einen Manager, der die zentral abzuwickelnden Funktionen übernimmt, wie zum Beispiel die Kommunikation mit einem PPS-System, die Teilauftragsgenerierung und -verteilung auf einzelne Technologiegruppen und den Benutzerzugang. Die Strukturen der Komponenten und die Abläufe bzw. Wechselwirkungen zwischen den Komponenten werden mit Hilfe von Kommunikationsmechanismen zwischen den intelligenten Objekten aufgebaut.

Das Architekturkonzept ist zur Steuerung von Maschinen und Anlagen innerhalb determinierter Pläne konzipiert. Es sieht keine differenzierten Planungs- und Steuerungsstrategien und kein Störungsmanagement vor, die zur Durchführung produktionslogistischer Planungsaufgaben im Sinne von Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen benötigt werden.

### **5.5 Zusammenfassung**

Zusammenfassend können aus dem Stand der Technik bei der Gestaltung von Informationssystemen folgende Anforderungen an eine informationstechnische Architektur, die die Basis einer wandlungsfähigen Produktion darstellt, abgeleitet werden:

- Wechsel zwischen zentral und dezentral aufgebauter Softwarestruktur,
- Einhalten der Paradigmen der verteilten Objekte,
- Aufbau auf CORBA,
- Aufbau der verteilten Objekte nach der Methode der verteilten Agenten.



# 6 Modellierung in Produktionslogistik und Informationstechnik

## 6.1 Übersicht

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an die Architektur aus der Sicht der Modellierung aufgestellt. Da die Modellierung sowohl in der Produktionslogistik als auch in der Informationstechnik eine herausragende Rolle einnimmt, sollte die Architektur einerseits so aufgebaut sein, dass sie die Modellierung in der Produktionslogistik hinsichtlich einer Arbeit mit ähnlichen Modellelementen unterstützt. Andererseits sollte sie den Einsatz einer Modellierungsmethode bei der Erstellung eines Informationssystems unterstützen, um eine entsprechende Qualität zu gewährleisten.

## 6.2 Einführung

Ein Modell ist ein Abbild der Natur unter Hervorhebung wesentlich erachteter Eigenschaften und Außerachtlassen nebensächlich angesehener Aspekte. Ein Modell ist somit ein Mittel zur Beschreibung der erfahrenen Wirklichkeit, zur Bildung von Begriffen der Wirklichkeit und dient als Grundlage für Voraussagen über künftiges Verhalten des erfassten Erfahrungsbereichs [BOSEL 1994]. Es ist um so realistischer oder wirklichkeitsnäher, je konsistenter es den von ihm umfassten Erfahrungsbereich zu deuten gestattet und je genauer seine Vorhersagen zutreffen; es ist um so mächtiger, je größer der von ihm beschriebene Erfahrungsbereich ist [FLECKNER 1995]. Modelle entstehen aus der Wechselwirkung zwischen Hypothese und Beobachtung oder Experimenten. Daraus folgt, dass Modelle grundsätzlich nicht endgültig sind. Weiterhin spielt bei der Entwicklung von Modellen die "Anschaulichkeit" eine wichtige Rolle. Diese beruht auf dem, was man für verstanden und darum evident hält.

Ein Informationssystem für die Produktionslogistik entsteht aus der Zusammenarbeit zwischen Informatik und Produktionslogistik (Bild 28). Die Produktionslogistik bildet durch Abstraktion der existierenden Produktionsstrukturen und -abläufe mit den im Folgenden beschriebenen Darstellungsformen ein Modell der Produktion. Dieses Modell ist die Aus-

gangsbasis für die Systemspezifikation (Analyse) der Informatik, die mit Hilfe des Informationsmodells ein Informationssystem produziert.

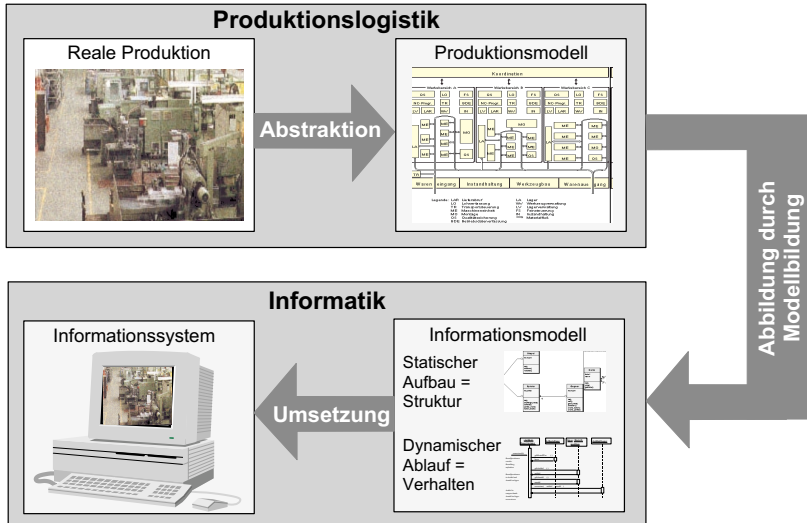


Bild 28: Entstehung eines Informationssystems

Im Folgenden werden zunächst Modellierungsmethoden der Produktionslogistik vorgestellt, mit deren Hilfe abstrakte Modelle der Produktion aufgebaut werden können. Diese dienen entweder der Produktionslogistik zur Analyse und Verbesserung der Produktion oder aber sie werden als Basis für eine Modellierung der Informationstechnik herangezogen.

Des Weiteren werden Modellierungsmethoden der Informationstechnik beschrieben. Mit ihrer Hilfe wird aus einer abstrakten Beschreibung des Anwendungsfalles ein Informationssystem abgeleitet. Abschließend wird die UML (Unified Modelling Language) näher beschrieben, die in dieser Arbeit zur Beschreibung von informationstechnischen Sachverhalten dient.

### 6.3 Modellierung zur Strukturierung und Gestaltung von Abläufen

In der Produktionslogistik werden informelle Modelle wie Strukturbilder und Materialflussdiagramme verwendet, um Produktionsstrukturen und deren Verhalten in Bezug auf die Materialflüsse zu beschreiben. Weiterhin ist die Modellierung von Abläufen, die sich auf das Produkt beziehen von Interesse, da aus Ihnen die Belastung des Produktionssystems abgeleitet werden kann. Hierzu können Arbeitspläne in Form von Netzarbeitsplänen [SCHMIDT 1996] oder Petri-Netzen [REISIG 1986, SCHNIEDER 1992] dienen. Bild 29 zeigt ein Produktionsablaufschema, in dem alle wesentlichen Arbeitsschritte vom Wareneingang bis hin zur Bereitstellung für den Versand in ihrer Reihenfolge dargestellt sind.



Bild 29: Produktionsablaufschema [HENN & KÜHNLE 1996, S. 9-62]

In Verbindung mit den betrieblichen Funktionen und Strukturen wird daraus ein ideales Funktionsschema aufgebaut (Bild 30). Ein Funktionsschema stellt die Verknüpfung der

Funktionen dar, für die Ressourcen erforderlich sind [HENN & KÜHNLE 1996, S. 9-63]. Der Hauptzweck diese Schemas ist die Zuordnung von betrieblichen Funktionen und die Darstellung zeitlicher und materialflusstechnischer Randbedingungen aus dem Zusammenspiel von Produktstruktur und betrieblicher Funktion.

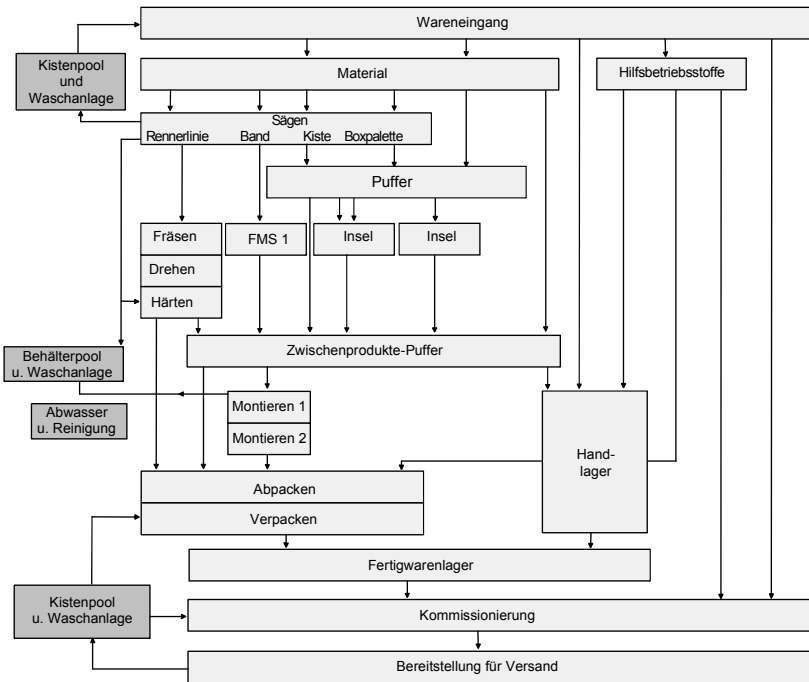
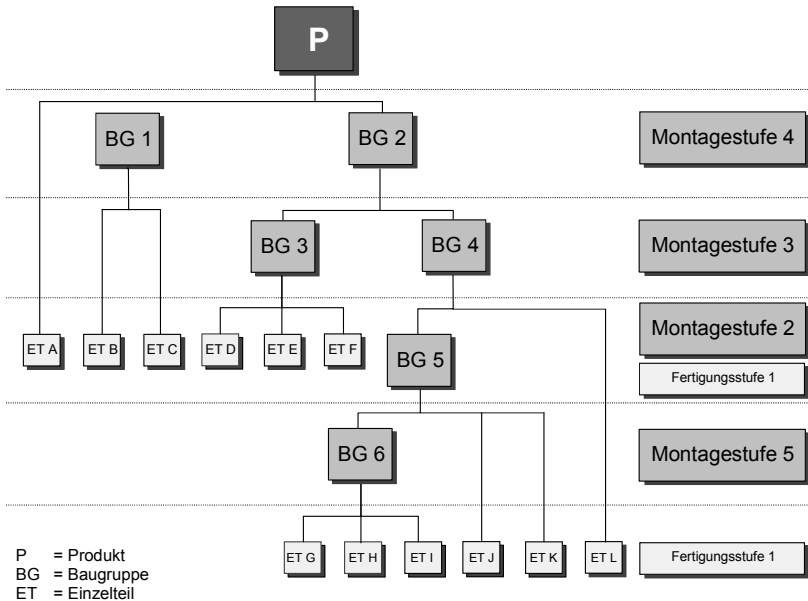


Bild 30: Ideales Funktionsschema [HENN & KÜHNLE 1996, S. 9-64]

Zur Darstellung von Produkten aus logistischer Sicht ist ein Modell in Form eines Produktstrukturplans von Vorteil. Zum einen stellt es die Bestandteile eines Produktes dar, und zeigt gleichzeitig die Reihenfolge der Bearbeitungs- und Montageschritte auf. Zum anderen ist die zeitliche Koordinierung für das Zusammenführen von Teilen, Gruppen und Systemen aus einem Produktstrukturplan ersichtlich.

Zum Darstellen der quantitativen Materialflüsse eignen sich Sankey-Diagramme. Es werden darin die Materialflussbeziehungen und die Materialflussstärken abgebildet.

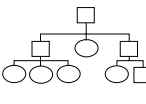
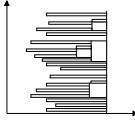
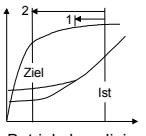
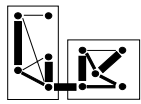
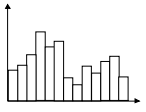
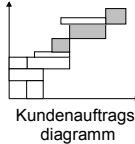
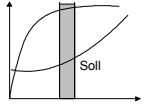
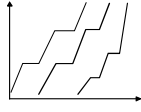
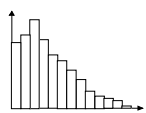
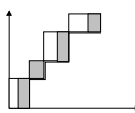
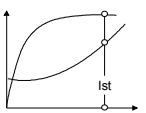
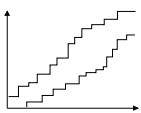


*Bild 31: Produktstrukturplan [HENN & KÜHNLE, 1996, S. 9-63]*

Für die Beschreibung des Verhaltens von Produktionssystemen verwendet man mathematische Modelle wie zum Beispiel Warteschlangen oder das Trichtermodell. Diese werden oft von graphischen Darstellungen unterstützt. Bild 32 zeigt unterschiedliche Modelle, wie sie von WIENDAHL [1996C, S. 18-44] zur Darstellung unterschiedlicher Zeithorizonte in der Produktionslogistik eingesetzt werden.

Mit Hilfe dieser Modelle kann einerseits eine Überprüfung der Produkt- und Produktionsstruktur bezüglich des Materialflusses erfolgen. Weiterhin können mittelfristig Kundenaufträge und Bereiche bezüglich Auftragstermin- und Kapazitätsplanung untersucht werden. Kurzfristig werden einzelne Aufträge und Arbeitsvorgänge bzw. einzelne Ressourcen betrachtet und entsprechend gesteuert.

Für die Beschreibung von Abläufen werden auch Prozessabläufe aus unterschiedlichen Beschreibungstechniken verwendet, wie z.B. VDI 2860 oder DIN-ISO 9000.

	Prozessorientierte Sichtweise		Ressourcenorientierte Sichtweise	
Langfristig	 <p>Produktstruktur</p>	 <p>Fristenplan</p>	 <p>Betriebskennlinie</p>	 <p>Materialfluss</p>
Mittelfristig	 <p>Auftragsstruktur</p>	 <p>Kundenauftragsdiagramm</p>	 <p>Betriebskennlinie</p>	 <p>Betriebsdurchlauf</p>
Kurzfristig	 <p>Arbeitsvorgangsstruktur</p>	 <p>Bereichsauftragsdiagramm</p>	 <p>Betriebskennlinie</p>	 <p>Arbeitssystemdurchlauf</p>

*Bild 32: Modellierungsmethoden zur Darstellung des Verhaltens eines Produktionssystems in unterschiedlichen Zeithorizonten [WIENDAHL 1996C, S. 18-44]*

Mit Hilfe der beschriebenen Modelle werden Clusteranalysen, Nutzwertanalysen, Sensitivitätsanalysen oder Simulationen durchgeführt und damit Aussagen über das Produktionssystem getroffen. Erfolgt eine Umstrukturierung der Produktion, so wird dabei die Produktionsstruktur umgewandelt und die Abläufe so abgeändert, dass neue Materialflüsse in der Produktion entstehen.

Ausgehend von diesen Modellen der Produktionslogistik werden Informationssysteme aufgebaut. Daraus ergibt sich eine weitere Anforderung an eine Architektur als Basis eines Informationsmanagements für eine wandlungsfähige Produktion: die schnelle und effiziente Umsetzung der entsprechenden Modelle der Produktionslogistik in entsprechende Softwaresysteme.

## 6.4 Modellierung in der Informationstechnik

Die Vorgehensweise, um von einer realen Produktion zu einem Informationssystem zu gelangen, wird in der Informatik durch Modellierungsmethoden unterstützt. Diese be-

schreiben Systeme, indem sie sowohl den statischen Aufbau (=Struktur) als auch das dynamische Verhalten mit Hilfe von definierten Beschreibungstechniken darstellen. Dazu stellen sie eine bestimmte graphische oder textuelle Notation und eine entsprechende Semantik zur Verfügung.

Diese Modelle dienen in der Softwareentwicklung - dem Softwareengineering - zur Vermeidung von Fehlern, dadurch dass zum einen die Komplexität von Softwaresystemen leichter beherrscht wird und zum anderen das Systemverständnis gesteigert wird. Die Kommunikation der am Softwareentwicklungsprozess Beteiligten wird durch die einheitliche Terminologie der Modelle verbessert und die Darstellung der Modelle dient zur Dokumentation der Softwareentwicklung. Weiterhin ist eine Erhöhung der Flexibilität, der Anpassungs- und Parametrierbarkeit und der Wiederverwendbarkeit von Softwaresystemen möglich, da unterschiedliche Einsatzszenarien bei der Definition der Softwaresysteme erörtert werden können. Ein wichtiger Punkt ist auch die Schulung der Mitarbeiter und deren Einarbeitung zur Nutzung der Software. Dabei können durch eine abstraktere Darstellung leichter Zusammenhänge und Funktionsweisen erläutert werden [ADELSBERGER & KÖRNER 1996, F II-4, HORNPOSTEL 1995, S.21, RUMPE 1996, S. 3].

In der Informatik werden zur Darstellung der Modelle zum einen formale Beschreibungstechniken verwendet [z.B. BROY 1995]. Diese in der theoretischen Informatik entwickelten Techniken sind zwar mathematisch gut fundiert, aber nur sehr schwer und aufwendig anzuwenden. Sie besitzen wenig verständliche Darstellungsformen und werden daher in der Softwaretechnik kaum verwendet. Aufgrund mangelnder Skalierbarkeit eignen sie sich auch nicht zur Entwicklung größerer Systeme [RUMPE 1996, S. 4]. Zum anderen existieren an der Praxis orientierte Softwarebeschreibungstechniken. Dabei sind zunächst strukturierte und später objektorientierte Methoden entwickelt worden, die in der systematischen Softwareerstellung Verwendung gefunden haben. Diese Methoden benutzen meist mehrere unterschiedliche Beschreibungstechniken, um verschiedene Sichten des zu erstellenden Softwareprodukts zu definieren.

Zur Erstellung von betriebswirtschaftlichen EDV-Systemen und zur Verbesserung der betrieblichen Abläufe wurden weiterhin betriebswirtschaftliche Methoden der Geschäftsprozessmodellierung entwickelt [MATT 1998, S. 20ff], wie z.B. ARIS [SCHEER 1994] oder SOM [SINZ & FERSTL 1997].

Die Anwendungsbereiche für die Modellierungsmethode in der Informationsverarbeitung sind einerseits die Strukturen der Informationssysteme und andererseits die Abläufe bzw. das Verhalten von Systemen, wobei gleichzeitig die Realität berücksichtigt werden muss, mit Hilfe derer diese Modellierungen festgelegt werden [SELIC 1994]. Integrierte Modellierungsmethoden beschreiben sowohl das Verhalten als auch die Strukturen von Systemen.

Bild 33 zeigt die Gliederung der Modellierungsmethoden und exemplarisch deren wichtigste Vertreter innerhalb der einzelnen Kategorien.

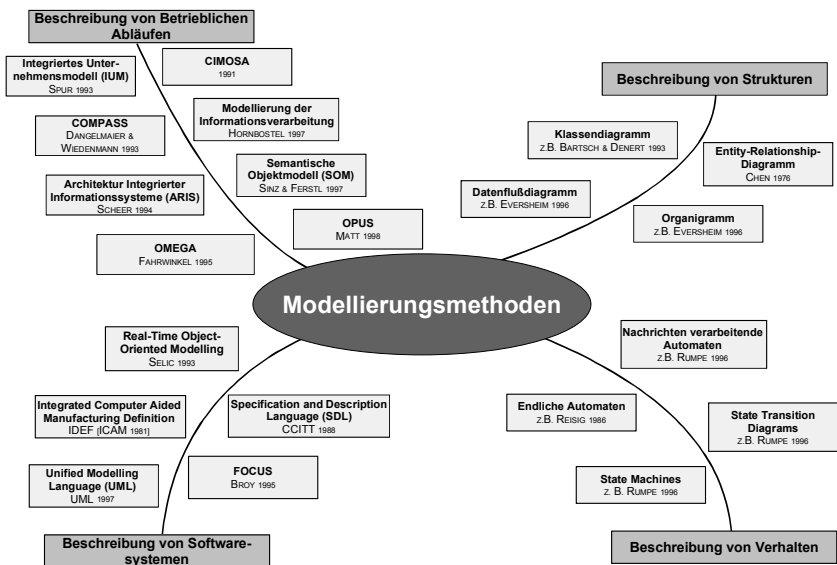


Bild 33: Modellierungsmethoden zum Aufbau von Informationssystemen

Die unterschiedlichen Modellierungsmethoden besitzen Vor- und Nachteile, die von MATT [1998, S. 20-40] und HORNBOSTEL [1995, S. 34-72] ausführlich beschrieben werden. Prinzipiell kann keine allgemeingültige oder beste Modellierungsmethode gefunden werden. Es sollten aber bei der Auswahl oder der Neuentwicklung von Modellierungsmethoden folgende grundlegende Maßregeln beachtet werden:



- Die Ähnlichkeit der Modellierungssprache zur Sprache des verwendeten Realitätsausschnitts sollte beachtet werden, um Übertragungsfehler zu minimieren.
- Die verwendeten Beschreibungskonstrukte sollten über einen hohen Bekanntheitsgrad verfügen, so dass die entstehenden Modelle leichter verständlich sind.
- Die Beschreibungstechnik sollte die an der Modellerstellung Beteiligten einschränken. Die Freiheitsgrade der Modellbildung sollten soweit reduziert sein, dass die erstellten Modelle möglichst vergleichbar sind.
- Die Sichtenbildung sollte durch die verwendeten Modellierungsmethoden unterstützt werden, damit die Komplexität und Informationsmenge des Modells eingeschränkt bleibt.
- Eine formale Spezifikation der entsprechenden Modellierungsmethode sollte vorliegen, damit eine eindeutige Abbildung der entstandenen Modelle gewährleistet werden kann [BROY 1992, BREU U.A. 1997].

Die UML – die Unified Modelling Language –, die zum einen die geforderten Anforderungen erfüllt, unter anderem die mathematische Fundierung [HINKEL U.A. 1997A], und zum anderen einem von der OMG aufgestellten Standard entspricht, der sich immer weiter verbreitet, wird in dieser Arbeit bei der Darstellung von Modellelementen genutzt, wenn diese einen starken Bezug zur Softwaregestaltung besitzen.

Bei der UML handelt es sich um eine Sprache und Notation zur Modellierung. Sie ist keine Methode, da eine Methode die spezifischen Rahmenbedingungen des Anwendungsbereichs, z.B. des organisatorischen Umfelds berücksichtigen muss. Die UML kann die Basis für verschiedene Methoden sein, denn sie stellt eine definierte Menge von Modellierungskonstrukten mit einheitlicher Notation und Semantik bereit.

In der UML wird zwischen verschiedenen Beschreibungskonstrukten unterschieden, die es ermöglichen die Strukturen, das Verhalten und die Implementierung von Softwaresystemen darzustellen. Dabei sind die in Bild 34 dargestellten und im folgenden Text näher erläuterten Diagramme in Verwendung. Eine nähere Beschreibung und übersichtliche Dokumentation bietet UML [1997].

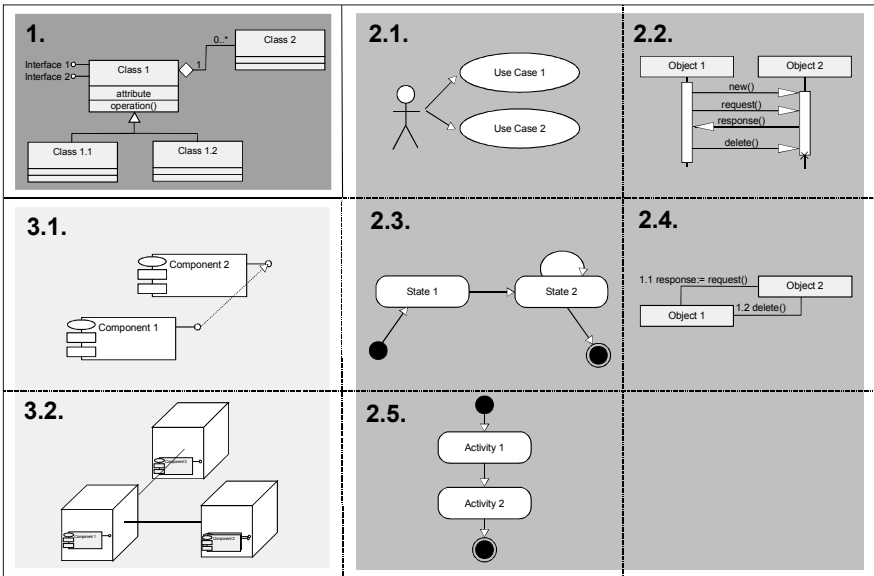


Bild 34: Grafische Notation der UML

1. Diagramme zur Beschreibung der Struktur von Systemen sind Klassen- und Objektdiagramme (Class and object diagram). Sie zeigen sowohl die jeweiligen Klassen als auch ihre Beziehungen untereinander.
2. Diagramme zur Beschreibung des Verhaltens von Systemen bezeichnet man als:
  - 2.1. Anwendungsfalldiagramme (Use case diagram); diese zeigen Akteure, Anwendungsfälle und ihre Beziehungen.
  - 2.2. Sequenzdiagramme (Sequenz diagram), die Objekte und ihre Beziehungen sowie ihren zeitlich geordneten Nachrichtenaustausch zeigen.
  - 2.3. Kollaborationsdiagramme (Collaboration diagram), die Objekte und ihre Beziehungen sowie ihren räumlich geordneten Nachrichtenaustauschs zeigen.
  - 2.4. Zustandsdiagramme (State diagram), die Zustände, Zustandsübergänge und Ereignisse zeigen.
  - 2.5. Aktivitätsdiagramme (Activity diagram), die Zustände, Zustandsübergänge, Ereignisse, Aktivitäten und Objektzustände zeigen.

3. Diagramme zur Implementierung werden genannt die:
  - 3.1. Komponentendiagramme (Component diagram), sie zeigen Komponenten und ihre Beziehungen und
  - 3.2. Einsatzdiagramme (Deployment diagram), die Komponenten, Knoten und ihre Beziehungen zeigen.

### 6.5 Zusammenfassung

Für ein Informationsmanagement, das die Produktionslogistik beim Wandel der Produktion unterstützen soll, ergeben sich unterschiedliche Anwendungsfälle für Modelle. Zum einen muss es möglich sein, solche Modelle leicht aufzubauen, die ein Produktionssystem für die Produktionslogistik beschreiben. Dies bildet die Grundlage, um entsprechende Untersuchungen bezüglich der produktionslogistischen Abläufe durchzuführen und ein Produktionssystem dahingehend zu verbessern. Dazu ist sowohl eine statische strukturelle Beschreibung als auch eine Beschreibung der Abläufe und Flüsse notwendig, die die Interaktion zwischen den Strukturelementen darstellt.

Zum zweiten müssen Modelle vorhanden sein, die die Softwareentwicklung für die Informationssysteme und deren Einsatz unterstützen, damit sich deren Entwurfs- und Produktionsprozess sowie deren Qualität verbessern lassen [RUMPE 1996, S. 3]. Diese Modelle sollten auf Standards von Beschreibungstechniken aufsetzen.

Um die Interaktion zwischen Produktionslogistik und Informationstechnik zu optimieren, ist die Integration der Beschreibungstechniken von Informationstechnik und Produktionslogistik eine dritte große Anforderung an eine Modellierungsmethode, die an eine informationstechnische Architektur gestellt wird, die die Basis einer wandlungsfähigen Produktion darstellt.

## **7 Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion (ASDIM-P)**

### **7.1 Übersicht**

In diesem Kapitel wird das Konzept für eine Architektur vorgestellt, die den Wandel in der Produktion unterstützt. Diese Architektur wird als Basis eines Informationsmanagements betrachtet, das zum einen die Grundlagen für die Produktionslogistik bietet, um Strukturen und Abläufe in der Produktion zu gestalten. Zum anderen unterstützt es verschiedene Methoden der Produktionslogistik die Abläufe zu steuern. Zusätzlich baut es auf heute bestehenden Grundlagen der Informationstechnik auf. Die Architektur ist hierbei Basis eines „strukturdynamischen Informationsmanagements“ in der Produktion.

### **7.2 Lösungsansätze**

Zur Erfüllung der beschriebenen Anforderungen, ist es erforderlich, dass durch das Konzept für die Architektur eines strukturdynamischen Informationsmanagements für die Produktionslogistik (ASDIM-P) die Integration unterschiedlicher Lösungsansätze unterstützt wird (Tabelle 6).

Zur Strukturierung der Produktion werden Hilfsmittel benötigt, um die Produktionsstruktur untersuchen zu können. Für den Aufbau der richtigen Steuerungsstrategie für ein Unternehmen ist eine Modellierung der Abläufe der Produktion notwendig, um leichter Analysen durchführen zu können. Zudem soll die Produktionsplanung und -steuerung bei sich ändernden Produktionsstrukturen und -abläufen systemtechnisch unterstützt werden. Dazu wird im ASDIM-P-Konzept eine Modellierung genutzt, mit der Produktionsstrukturen abgebildet und Materialflüsse nachvollzogen werden können. Weiterhin werden im ASDIM-P-Konzept die notwendigen Schnittstellen angeboten, die jene Informationen bereitstellen, die für die Erfüllung dieser Aufgaben benötigt werden (Ebene vier). Zudem werden PPS-Methoden nur auf einzelne Bereiche angewendet, die bei Bedarf entsprechend geändert werden können.

Ebene	Aufgaben des Informationsmanagements für die Produktionslogistik	Lösungsansatz
4	Unterstützung der Strukturierung und Steuerung der Produktion	Grundlagen zur Analyse von Produktionsstruktur Grundlagen zur Analyse von Abläufen Möglichkeit zur Integration von wechselnden PPS-Methoden
3	Einsatz von Informationssystemen für die Produktion (PPS-Systemen)	Anpassbare Auswertungen, Oberflächen und Abläufe
2	Betreuung und Weiterentwicklung von PPS-Systemen	Integrierte Modellierung
1	Aufbau von PPS-Systemen	Offene, verteilte, agentenorientierte Softwarearchitektur

*Tabelle 6: Unterschiedliche Lösungsansätze auf Basis des ASDIM-P-Konzeptes*

Der Einsatz von PPS-Systemen wird vom vorgestellten Konzept insofern unterstützt, dass das EDV-System leicht an die Belange seiner Nutzer angepasst werden kann. Dazu können leicht spezifische Auswertungen und Abläufe aufgebaut werden (Ebene drei).

Bei den genannten Hilfsmitteln steht immer im Vordergrund, dass die Anpassung der die Produktionsplanung und –steuerung unterstützenden Softwaresysteme schnell und kostengünstig erfolgen muss. Ein wichtiges Hilfsmittel stellt dabei die integrierte Modellierung der Softwarestrukturen dar (Ebene zwei). Integriert bedeutet hierbei, dass bei den dargestellten Modellierungsaufgaben für die Produktionslogistik die Modelle für die Informatik weiter verwendet werden können. Auf Ebene eins wird durch den Einsatz einer offenen Hard- und Softwarearchitektur die Basis für die beschriebenen Lösungsansätze geschaffen.

### 7.3 Grundprinzipien des ASDIM-P-Konzeptes

#### 7.3.1 Überblick

Folgende Grundprinzipien (Bild 35), die systemtechnische Modellierung der Produktion mit dynamischen Elementebeziehungen, das Kunden-Lieferanten Prinzip, die Aufgabenorientierung, die ablauforientierte Beschreibung der Aufgabe und eine steuerungsunabhängige Ablaufdarstellung dienen dazu ein dynamisches Aufbau- und Ablaufmodell eines Produktionssystems zu erzeugen. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

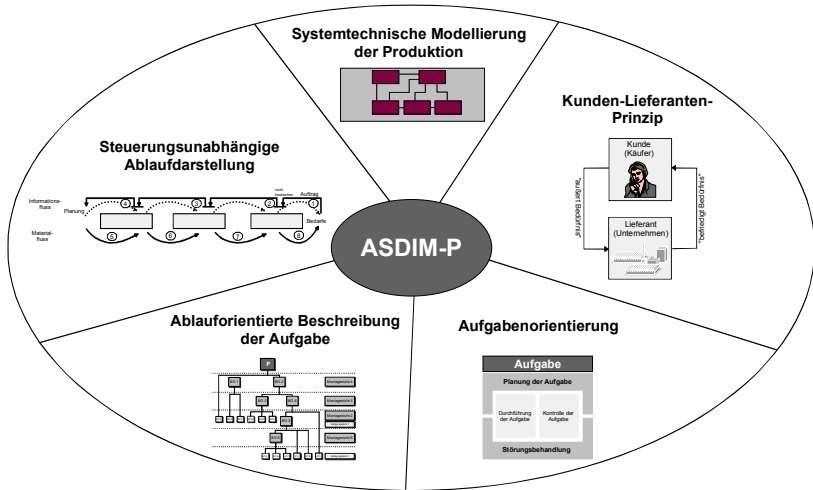


Bild 35: Grundprinzipien des ASDIM-P-Konzeptes

#### 7.3.2 Systemtechnische Modellierung der Produktion

Das grundlegende Modell für eine Produktion stellt eine systemtechnische Beschreibung des Produktionssystems mit den entsprechenden Material- und Informationsflüssen dar. Damit das Verhalten geändert werden kann, sind die Material- und Informationsflüsse zudem noch dynamisch zu betrachten.

## Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion (ASDIM-P)

Dem ASDIM-P-Konzept liegt ein systemtechnischer Ansatz zu Grunde. Dabei wird die Produktion als offenes System angesehen, das mit seiner Außenwelt in Verbindung steht. Ein System besteht aus Systemelementen, die wie das System durch Schnittstellen mit anderen Systemelementen oder der Systemumwelt in Verbindung stehen. Die Verbindungen stellen Materialflüsse bzw. Ressourcenflüsse dar. Ebenfalls als Ressourcen werden dabei die für die Produktion benötigten Informationen betrachtet.

Für das ASDIM-P-Konzept bedeutet dies zum einen, dass die Struktur geändert werden kann, indem Art und Anzahl der Systemelemente und die Beziehungen zwischen den Elementen in Art und Umfang geändert werden. Zum anderen kann das Verhalten geändert werden, indem das Verhalten eines Elements und die Abläufe zwischen einzelnen Elementen geändert werden.

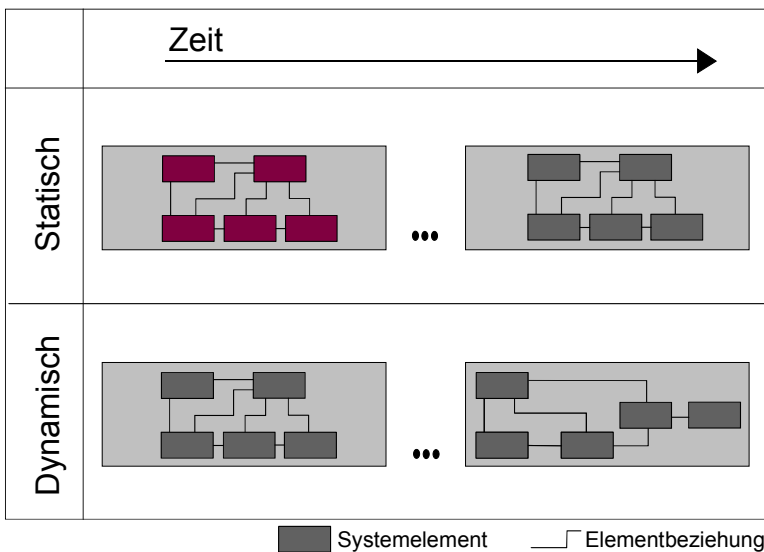


Bild 36: Statische und dynamische Änderung von Systemelementen und Beziehungen im systemtechnischen Aufbau des ASDIM-P-Konzeptes

Wird ein Systemmodell der Produktion auf grober Ebene erstellt, ist dieses Modell eindeutig und stabil. Die Elemente und deren Beziehungen im Inneren des Systems bzw. die Abläufe ändern sich in einem strukturdynamischen System und sind daher nur für den Augen-

blick der Betrachtung beschreibbar. Somit würde eine detaillierte Modellierung der Elemente und Beziehungen im Inneren sowie eine genaue Beschreibung der Abläufe in diesem Modell nur eine statische Modellierung der Modellelemente sowie deren Beziehungen zulassen (Bild 36). Um ein Modell erstellen zu können, das die dynamischen Änderungen der Struktur- und Verhaltensdynamik zulässt, dürfen die detaillierte Beschreibung der Systemelemente und das Verhalten des Systems nicht in einem Modell statisch dargestellt werden. Sie werden daher zu jedem Zeitpunkt, zu dem sie benötigt werden, neu erstellt. Diese Vorgehensweise erlaubt den Aufbau eines allgemeingültigen dynamischen Modells, dessen Struktur- und Verhaltensmodell zu jedem Zeitpunkt als Sicht auf dieses Modell aktuell dargestellt werden kann.

### 7.3.3 Kunden-Lieferanten-Beziehung

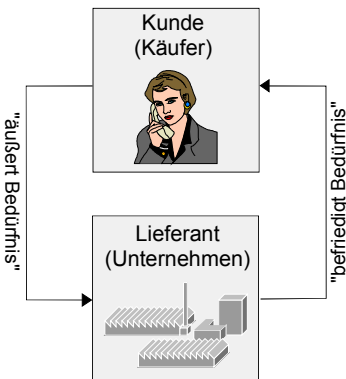


Bild 37: Das Prinzip der Kunden-Lieferanten-Beziehung

Damit die zeitlich varianten Systemelementbeziehungen aufgebaut werden können, wird eine allgemeine Vorgänger-Nachfolger Systematik eingesetzt. Diese wird mit Hilfe der Kunden-Lieferanten-Beziehung aufgebaut. Die Kunden-Lieferanten-Beziehung hat sich als Modellvorstellung des grundsätzlichen Marktgeschehens durchgesetzt, da hiermit sowohl ein Käufer- als auch ein Verkäufermarkt dargestellt werden kann. Diese Theorie kann auf alle Prozesse ausgedehnt werden, in denen Vorgänger-Nachfolger -Beziehungen herrschen. Als Beispiel dient der Kaufprozess eines Kunden bei einem Lieferanten (Bild 37).

Detailliert man den Prozess zwischen dem Zeitpunkt an dem der Kunde ein Bedürfnis äußert und dem Zeitpunkt an dem es befriedigt wird, ergibt sich der in Bild 38 dargestellte Kommunikationsablauf.



## Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion (ASDIM-P)

---

Auf eine Anfrage des Kunden sendet der Lieferant ein Angebot zurück, das entweder zu einem Auftrag oder zu keinem Auftrag führt. Beide Möglichkeiten werden vom Lieferanten entsprechend berücksichtigt. Wünscht der Kunde Änderungen, berücksichtigt der Lieferant dies, oder er lehnt es ab. Eine Auskunftsanfrage des Kunden bezüglich seines Auftrags beantwortet der Lieferant mit einer Auskunft. Schließlich erhält der Kunde sein Produkt durch die Lieferung des Lieferanten und bestätigt dies.

Mit dieser Form der Kommunikation lassen sich unterschiedliche Formen einer Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen nachbilden. Somit ist eine Modellelement-Relation sowohl dynamisch, als auch statisch darstellbar (Bild 39).

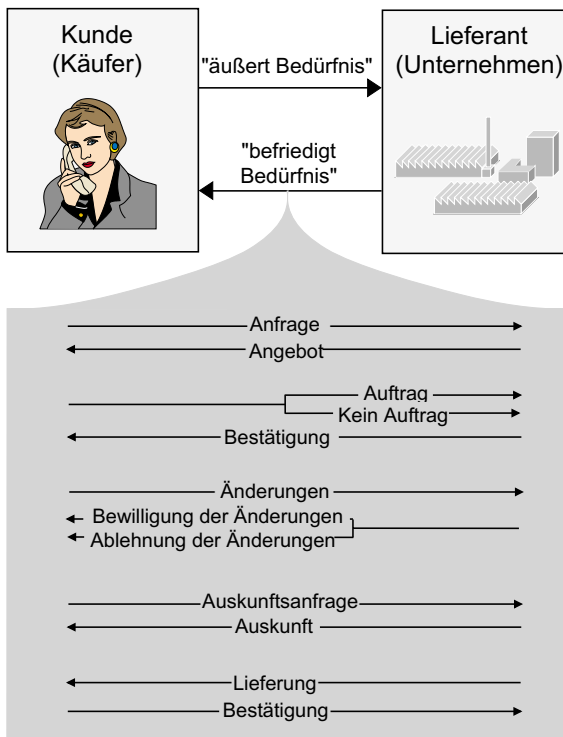


Bild 38: Der Kommunikationsablauf einer Kunden-Lieferanten-Beziehung

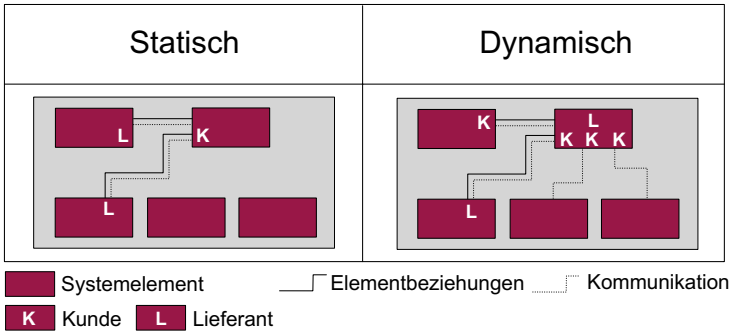


Bild 39: Statische und dynamische Systemelement-Relation

Bei der statischen Beziehung ist die Anfrage innerhalb des Kommunikationsablaufs an bestimmte Modellelemente gerichtet. Bei der dynamischen Beziehung ist die Anfrage des Kommunikationskonzepts an Modellelemente ungerichtet, d.h. an alle Modellelemente gerichtet. Alle Beziehungen bauen sich bezüglich der „besten Angebote“ auf.

### 7.3.4 Aufgabenorientierung

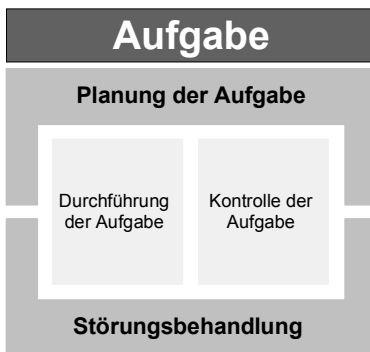


Bild 40: Bestandteile einer Aufgabe

Zur Abbildung der Abläufe eines Systems werden die zur Verrichtung einer Aufgabe nötigen Bestandteile wie Planung, Durchführung, Kontrolle und Störungsbehandlung [DECKER & GALLASCH 1996] in einem selbstständigen Einzelsystem abgebildet. Dieses System ist genau einer Aufgabe zugeordnet.

Die Bestandteile der Aufgabe werden in Form von Funktionen als Dienstleistung nach außen zur Verfügung gestellt.

Jedes Systemelement ist in der Lage, Aufgaben zu planen, und durchzuführen und die entsprechenden technischen aber auch logistischen Kontrollen vorzunehmen und bei auftretenden Fehlern eine Störungsbehandlung einzuleiten.

Die Steuerung der Abläufe kann auf diese Art und Weise zentral oder auch dezentral abgebildet werden. Sie variiert mit der Zuordnung der Funktionen und Aufgaben zu bestimmten Systemelementen. Die Praxis hat gezeigt, dass es eine nahezu unendliche Zahl von Möglichkeiten gibt, Verantwortung in einem Unternehmen zu verteilen. Von welcher Stelle der Aufbauorganisation die einzelnen Funktionen bei der Aufgabenerfüllung durchgeführt werden und ob Durchführungs- und Kontrollfunktionalität in eine Hand fallen, ist der jeweiligen, im Zeitablauf variablen Ausprägung des Unternehmens anzupassen. Das heißt für das Modell, das dem ASDIM-P-Konzept zugrunde liegt, dass die beschriebenen Bestandteile einer Aufgabe auf unterschiedliche Modellelemente verteilt werden.

### **7.3.5 Ablauforientierte Beschreibung der Aufgabe**

Da im ASDIM-P-Konzept aus Gründen der Flexibilität die festen Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen nicht vorhanden sind, werden die Abläufe in der Beschreibung der Aufgaben modelliert. In der Produktion wird als die Hauptaufgabe die Produktion eines Produktes angesehen. Daher wird die in Bild 31 (Kapitel 6, Seite 63) gezeigte Produktstruktur, die einem Produktionsablauf gegenübergestellt ist, als Ablaufbeschreibung verwendet.

Die Kunden-Lieferanten-Beziehung von Käufer und Unternehmen impliziert die Aufgabe „liefere Produkt“, das der Kunde haben will und das Unternehmen zu den vereinbarten Konditionen liefern darf. Zur Bearbeitung der Aufgabe, wird das Produkt innerhalb des Unternehmens in seine Bestandteile untergliedert; zum einen in die Produktstruktur, die die Bauteile- und Komponentenstruktur widerspiegelt und zum anderen in den Produktionsablauf. Die Produktstruktur enthält den Aufbau des Produkts aus Baugruppen, die wiederum aus Einzelteilen bestehen. Der Produktionsablauf enthält den logischen Ablauf der einzelnen Produktionsschritte und ergibt die gleiche Baumstruktur wie die Produktstruktur. Die Produktstruktur impliziert drei Arten von Aufgaben: „liefere Produkt“, „liefere Baugruppe“ und „liefere Einzelteil“. Für die Erfüllung der Aufgabe „liefere Produkt“, sind beliebig viele weitere Aufgaben „liefere Baugruppe“ und „liefere Einzelteil“ nötig.

### **7.3.6 Steuerungsstrategieunabhängige Darstellung der Abläufe**

Damit die Abläufe innerhalb eines Produktionssystems unabhängig von der aktuellen Steuerungsstrategie dargestellt werden können, muss eine gemeinsame Darstellung für die prin-

ziell unterschiedlichen Steuerungsstrategien aufgebaut werden. Bild 41 zeigt eine solche Möglichkeit, die grundlegend unterschiedlichen Steuerungsarten Schiebe- und Ziehprinzip auf ein und dieselbe Art und Weise darzustellen.

Prinzipiell liegt dieser Darstellung das Ziehprinzip zu Grunde. Bei beiden Darstellungsformen ist der Auftrags- und der Materialfluss bei der Planung zuerst entgegengesetzt und danach bei der Umsetzung gleichgerichtet. Beim Ziehprinzip wird der Auftrag immer sofort bearbeitet (①), diese Bearbeitung löst dadurch einen Folgeauftrag (②, ③) beim Vorgänger aus. Der Materialfluss (④) stellt den virtuellen Auftragsfluss in Richtung Kunde dar, indem die eingestellten und vereinbarten Bestände wieder ausgeglichen werden. Beim Schiebeprinzip wird dagegen der Auftrag (①) virtuell bearbeitet, indem er als nicht erfüllbar erkannt wird (②). Anschließend erfolgt solange eine Weitergabe an den Vorgänger (③), bis der Auftrag bearbeitet werden kann (④). Er wird entsprechend eingeplant und daraufhin wieder in Richtung Kunde weitergegeben, so dass auch in den folgenden Bearbeitungsschritten der Auftrag eingeplant werden kann. Der Materialfluss folgt zeitlich versetzt dem Auftragsfluss Richtung Kunde (⑤-⑧).

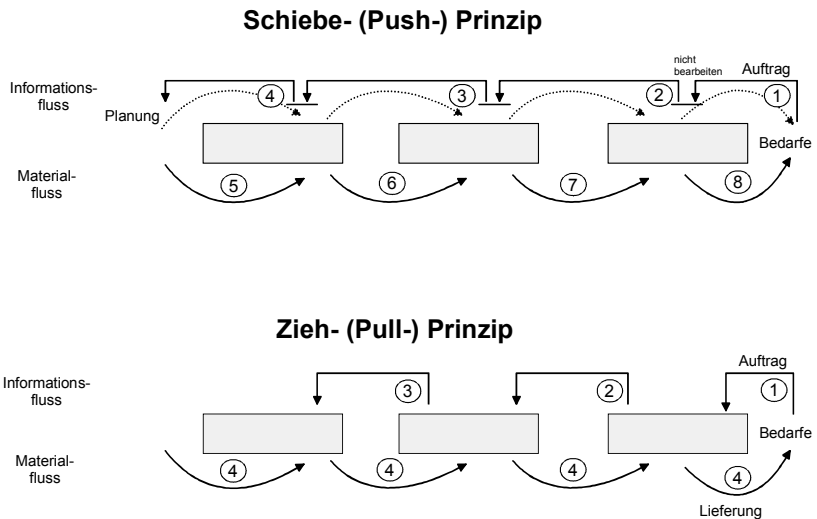


Bild 41: Gleiche Darstellungsweise von Schiebe- und Ziehprinzip

Durch diese oben beschriebene grundsätzliche Art der Betrachtung des Auftrags- und Materialflusses vom Kunden über den letzten zum allerersten Lieferanten in der Auftragskette und wieder zurück kann folgendes sichergestellt werden:

Die Informations- und Materialflüsse sind prinzipiell gleich und wenn das Verhalten der ganzen Kette geändert werden soll, so genügt es ein spezifisches Element zu ändern. Dadurch kann eine unterschiedliche Abfolge von Zieh- und Schiebeprinzip erreicht werden.

## **7.4 Aufbau eines strukturdynamischen Modells der Produktion**

### **7.4.1 Systemtechnische Grundmodellierung**

Die systemtechnische Modellierung der Produktion wird durch die Einführung von sogenannten „logischen Bereichen“ durchgeführt. Dabei ist ein logischer Bereich dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens eine Aufgabe erfüllt und verschiedene Bereiche eines Unternehmens – von der Standort- bis hin zur Betriebsmittelstruktur – abbilden kann (Bild 42).

Ein logischer Bereich kann weitere logische Bereiche enthalten und auch ein Element eines oder mehrerer logischer Bereiche sein. Entsprechend der ablauforientierten Produktstruktur sind unterschiedliche Tiefen der Modellierung für logische Bereiche notwendig. So kann ein komplettes Produkt in einem logischen Bereich gefertigt und montiert werden oder aber es wird für jedes Einzelteil und jeden Bearbeitungsschritt ein eigener logischer Bereich aufgebaut. Bei konsequenter Nutzung der Kunden-/ Lieferantenbeziehung zwischen logischen Bereichen - in Bild 42 durch den Aufgabenpfeil dargestellt, der vom Kunden zum Lieferanten zeigt - wird eine Lieferkette zwischen und innerhalb von logischen Bereichen aufgebaut.

Auf oberster Ebene erhält ein logischer Bereich die Aufgabe „liefere Produkt“. Innerhalb dieses logischen Bereiches kann ein untergeordneter logischer Bereich die Aufgaben „liefere Baugruppe“ ausführen. Innerhalb eines solchen logischen Bereichs ist als Aufgabe nur „liefere Einzelteil“ möglich. Der logische Bereich, der für die Auslieferung der Produkts verantwortlich ist, enthält die Aufgabe „liefere Produkt“. Die logischen Bereiche stellen eine Sicht auf das Modell dar. Die atomaren Bestandteile des Modells sind Agenten, die

die Rolle eines Repräsentanten eines logischen Bereichs übernehmen. Ein Agent kann dabei vom gesamten Unternehmen über eine Produktion bis hin zum einzelnen Menschen als Repräsentant fungieren, wenn die entsprechende organisatorische Einheit Aufgaben erfüllen kann.

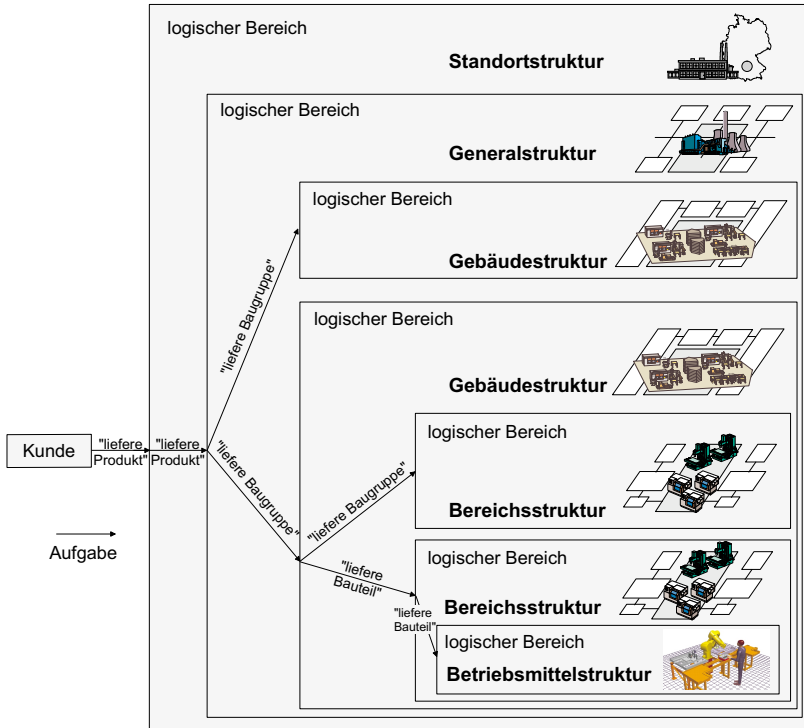


Bild 42: Die Auftragsbearbeitung innerhalb eines Unternehmens durch logische Bereiche

### 7.4.2 Aufgabenagenten als Grundbausteine des Modells

In der Systemtheorie besitzt jedes Systemelement Funktionalität und eigene Parameter. In der objektorientierten Softwareentwicklung spricht man hierbei von Methoden und Attributen [vgl. BARTSCH & DENERT 1993, S.4], die die Fähigkeiten und Merkmale eines Ob-

jekts (Systemelements) beschreiben. Wie in Kapitel 5.4 beschrieben, stellen Agenten Einheiten innerhalb von Informationsverarbeitungssystemen dar und sind zur selbstständigen Ausführung von informationsverarbeitenden Prozessen fähig. Sie stehen mit ihrer informationstechnischen Umwelt in Kommunikationsbeziehungen und tauschen direkt oder indirekt mit anderen Agenten Nachrichten aus, um dadurch ihre internen informationsverarbeitenden Operationen aufeinander abzustimmen. Die Agenten wirken bei der Aufgabe, die Produktionslogistik zu steuern, in Form eines Multi-Agenten-Systems zusammen.

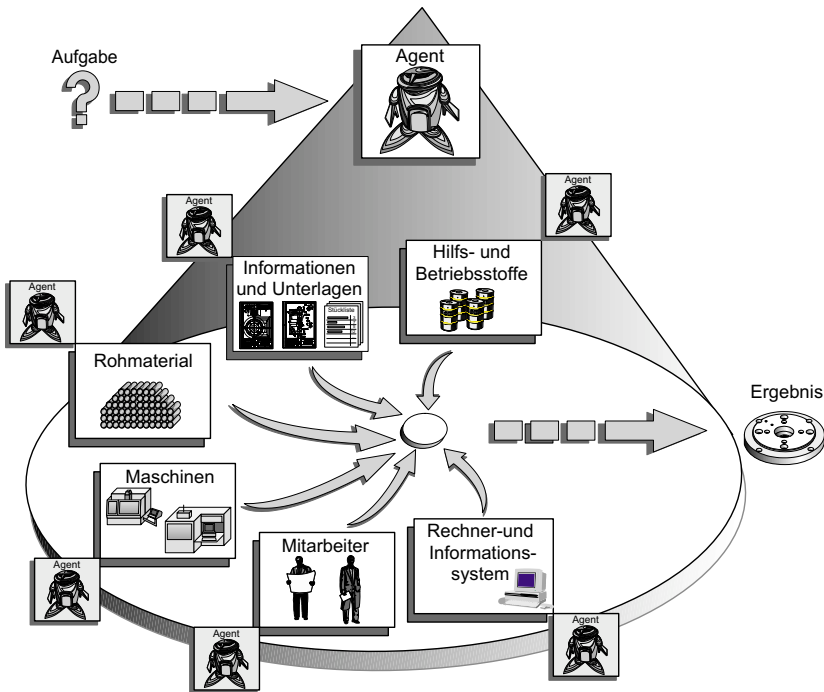


Bild 43: Aufgabenagenten als Repräsentanten logischer Bereiche

Das hier vorgestellte Modell der Produktion enthält als Grundbausteine sogenannte Aufgabenagenten. Dem Konzept liegt dabei die domänenorientierten Agentenauffassung zugrunde und ein Aufgabenagent ist dadurch gekennzeichnet, dass er als Repräsentant eines logi-

sehen Bereichs fungiert, Aufgaben erfüllen kann und dazu Ressourcen so koordiniert, dass aus den Aufgaben das geforderte Ergebnis, das Produkt, erzeugt wird (Bild 43).

Damit ein Aufgabenagent als Repräsentant eines logischen Bereichs fungieren kann, besitzt er Fähigkeiten (capabilities) und Möglichkeiten (possibilities) und verrichtet Tätigkeiten (activities) (Bild 44). Er verfügt über Kommunikationskanäle in Form von definierten Schnittstellen, über die auszuführende Aufgaben (jobs) dem Agenten mitgeteilt werden und Aufträge (orders), Planungen (plans) und Informationen über Technologien (technologies) und über Ressourcen (resources) ausgetauscht werden. (Die englischen Bezeichnungen werden später dazu verwendet, Indizes und Abkürzungen zu bilden.)

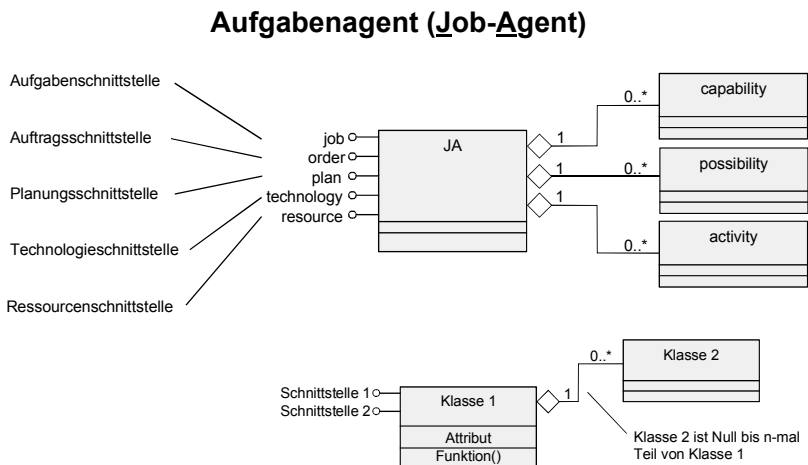


Bild 44: Prinzipieller Aufbau eines Aufgabenagenten

Die oben genannten Fähigkeiten als Bestandteile von Aufgabenagenten ermöglichen, dass diese Aufgaben erfüllen können, die in einer Produktion innerhalb eines logischen Bereichs anfallen. Als Beispiel kann das Bearbeiten eines Bauteils angeführt werden. Fähigkeiten werden hierarchisch in einer Baumstruktur angeordnet, wobei jede Gliederungsebene eine Abstraktionsebene darstellt. Auf der obersten Abstraktionsebene wird prinzipiell zwischen Durchführungs-, Planungs-, Kontroll- und Störungsbehebungsfähigkeiten unterschieden. Sie stellen die Grundbausteine der Aufgabenorientierung dar (Bild 45).



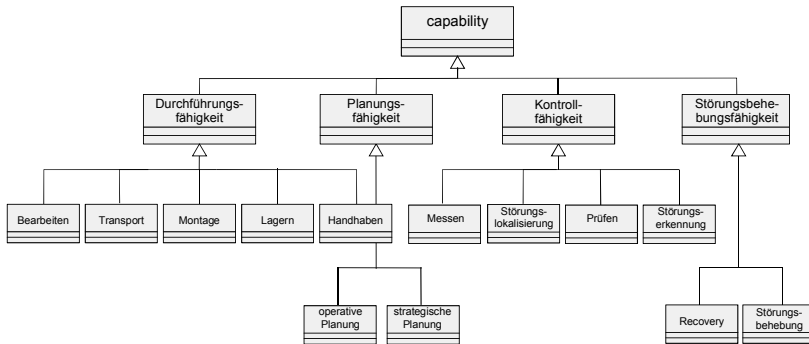


Bild 45: Einteilung von Fähigkeiten eines Aufgabenagenten

Die Durchführungsfähigkeiten sind entsprechend der Anforderungen in der Produktion in Bearbeitungs-, Montage-, Transport-, Lager- und Handhabungsfähigkeiten untergliedert. Eine Einteilung der Bearbeitungsfähigkeiten wird entsprechend [DIN 8580] getroffen und ist in Bild 46 dargestellt.

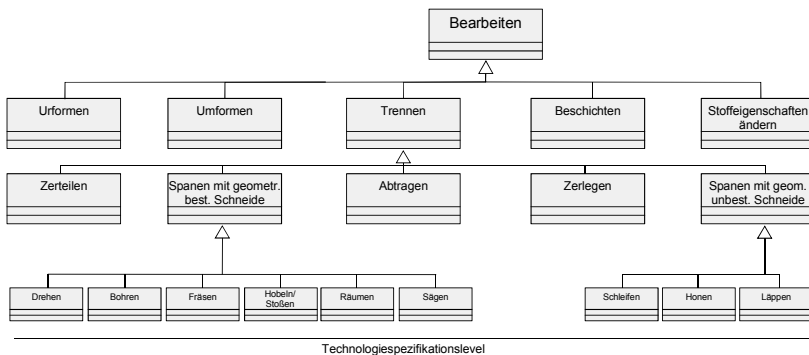


Bild 46: Bearbeitungsfähigkeiten von Aufgabenagenten nach [DIN 8580]

Da unter einem bestimmte Abstraktionsniveau Aufgaben nicht mehr allgemeingültig beschrieben werden können, wird in dieser Arbeit ein sogenannter Technologiespezifikationslevel eingeführt. Dieser stellt eine Abstraktionsebene dar, unterhalb derer die technologische Spezifikation der hier genannten Fähigkeiten stattfindet. Ein Beispiel ist eine 5-Achs-Fräsbearbeitung als technologische Spezifikation der allgemeinen Fähigkeit Fräsen.

Die speziellen Fähigkeiten unterhalb dieser Abstraktionsebene werden für jeden einzelnen technologischen Anwendungsfall neu spezifiziert und aus den bestehenden abgeleitet.

Montagefähigkeiten gliedern sich neben Reinigungs- und Zerlegefähigkeiten in Fügefähigkeiten [vgl. DIN 8593] und Handhabungsfähigkeiten [vgl. VDI 2860] (Bild 47). Spezifikationen unterhalb des Technologiespezifikationslevels werden ebenfalls für den speziellen Anwendungsfall spezifiziert.

Transportfähigkeiten befinden sich bereits auf dem Abstraktionsgrad des Technologiespezifikationslevels und sind deshalb sind für den speziellen Anwendungsfall zu spezifizieren (z.B. Transport mit Fahrerlosem Transportsystem FTS). Ebenso verhält es sich mit Lagerfähigkeiten, die ebenfalls für den jeweiligen Anwendungsfall zu spezifizieren sind (z.B. Lagern im Hochregallager).

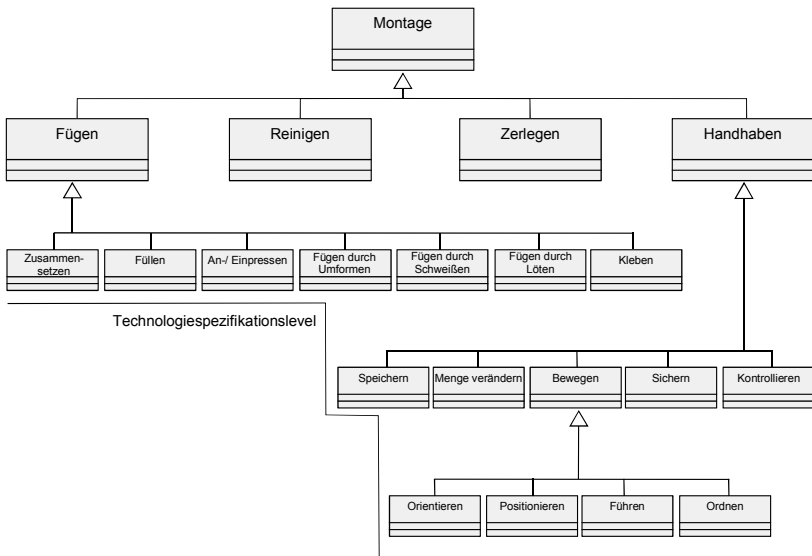
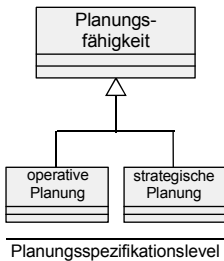


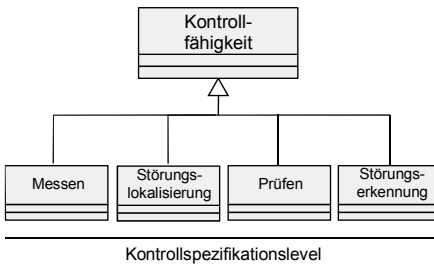
Bild 47: Montagefähigkeiten eines Aufgabenagenten nach [DIN 8593] und [VDI 2860]



*Bild 48: Planungsfähigkeiten eines Aufgabenagenten*

Bei den Planungsfähigkeiten wird innerhalb der zeitlichen Dimension, in der die jeweilige Planung durchgeführt wird, kategorisiert. Man unterscheidet hierbei zwischen einer operativen und einer strategischen Planungsfähigkeit. Die operative Planung bezieht sich auf die Durchführung der betrieblichen Abläufe, wohingegen die strategische Planung sich mit einer grundsätzlichen Orientierung bezüglich Markt, Strukturen und Strategien des Gesamtsystems befasst. Beide implizieren die Fähigkeit, Planungshilfsmittel nutzen zu können (Bild 48). Spezifikationen unterhalb des Planungsspezifikationslevels müssen für den jeweiligen Anwendungsfall spezifiziert werden.

Bei den Planungsfähigkeiten wird innerhalb der zeitlichen Dimension, in der die jeweilige Planung durchgeführt wird, kategorisiert. Man unterscheidet hierbei zwischen einer operativen und einer strategischen Planungsfähigkeit. Die operative Planung bezieht sich auf die Durchführung der betrieblichen Abläufe, wohingegen die strategische Planung sich mit einer grundsätzlichen Orientierung



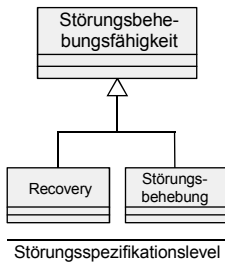
*Bild 49: Kontrollfähigkeit eines Aufgabenagenten*

Spezifikationen unterhalb des Kontrollspezifikationslevels müssen für den speziellen Anwendungsfall spezifiziert werden.

Die Fähigkeit der Störungsbehebung umfasst die Fähigkeiten des Recovery (Wiederinbetriebnahme) und der Störungsbehebung (Bild 50), falls die Kontrollfähigkeit eine Störung erkannt und lokalisiert hat. Auch die Störungsbehebung wird nicht vom Aufgabenagenten durchgeführt, die Fähigkeit muss dem Aufgabenagenten zur Verfügung gestellt werden. Spezifikationen unterhalb des Technologiespezifikationslevels müssen für den speziellen Anwendungsfall spezifiziert werden. Werden Fähigkeiten zur Erfüllung einer Aufgabe ge-

Die Kontrollfähigkeiten umfassen die Fähigkeiten des Messens, des Prüfens sowie der Störungserkennung und -lokalisierung (Bild 49). Die Kontrolle wird nicht vom Aufgabenagenten selbst durchgeführt sondern benötigt eine ihr entsprechende Fähigkeit oder eine Menge an Fähigkeiten auf Seiten der Durchführung.

nutzt, so werden sie als Tätigkeiten, die ein Agent durchführt bezeichnet. Bezogen auf einen bestimmten Zeitpunkt hat ein Agent immer einen Pool an ungenutzten Fähigkeiten, die als Möglichkeiten des Agenten bezeichnet werden. Die Tätigkeiten und Möglichkeiten kennzeichnen den aktuellen Status eines Agenten und werden für die Durchführung von Planungen benötigt.



*Bild 50: Störungsbehandlungsfähigkeiten eines Aufgabenagenten*

In ihr ist neben dem Produkt auch die Menge und der gewünschte Liefertermin beschrieben.

Über die Technologieschnittstelle kann der Agent auf Informationen zugreifen, mit deren Hilfe er eine Zuordnung der Produktmerkmale aus der Aufgabe zu seinen Fähigkeiten durchführen kann und damit beurteilen kann, ob er eine Aufgabe ausführen kann oder nicht. Über die Ressourcen-, Auftrags- und Planungsschnittstelle wird der Agent mit Informationen versorgt, die er zur Planung und Erfüllung einer Aufgabe benötigt. Diese Informationen werden den Aufgabenagenten im ASDIM-P-Konzept von unterstützenden Verwaltungs- und Planungsagenten zur Verfügung gestellt.

### 7.4.3 Unterstützende Verwaltungs- und Planungsagenten

Aufgabenagenten (JA) (Bild 51) sind für die Bearbeitung von Aufgaben zuständig. Für eine Aufgabe aus der Menge aller Aufgaben gibt es mindestens einen logischen Bereich und damit einen Aufgabenagenten. Den Aufgabenagenten stehen zur Unterstützung bei der Umsetzung der Durchführungs-, Planungs-, Kontroll- und Störungsbehebungsfähigkeiten die in Bild 51 dargestellten Verwaltungs- und Planungsagenten zur Verfügung.

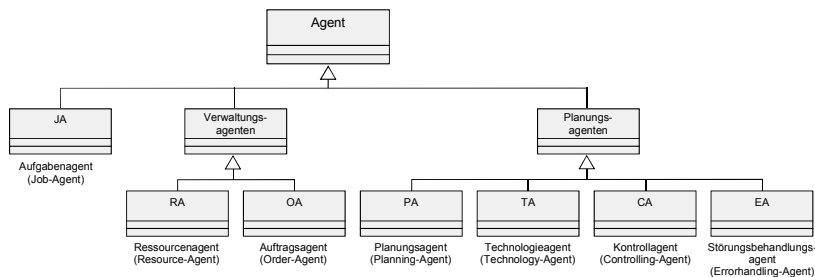


Bild 51: Das Agentenmodell des ASDIM-P-Konzeptes

Die Gruppe der Verwaltungsagenten gliedern sich auf in die Ressourcenagenten (RA) und die Auftragsagenten (OA).

Ein Ressourcenagent ist für die Verwaltung von Ressourcen zuständig und hat genaue Kenntnis über die Vergangenheit, den aktuellen Status und die geplanten Zustände einer Ressource. Für eine Ressource aus der Menge aller Ressourcen, die im Produktionssystem vorhanden sind, gibt es genau einen Ressourcenagenten.

Ein Auftragsagent ist für die Verwaltung von Aufträgen zuständig. Dabei hat ein Auftragsagent genaue Kenntnis über die Vergangenheit, den aktuellen Status und die geplanten Zustände eines Auftrags. Zudem kümmert sich ein Auftragsagent um die Bearbeitung des Auftrags. Für einen Auftrag aus der Menge aller Aufträge, die im Produktionssystem vorhanden sind, existiert genau ein Auftragsagent.

Die Gruppe der Planungsagenten unterteilen sich in die eigentlichen Planungsagenten (PA), die Technologieagenten (TA), die Kontrollagenten (CA) und die Störungsbehandlungsagenten (EA).

Ein Planungsagent nimmt bei der Durchführung von Planungen Teil und stellt unterschiedliche Planungsstrategien zur Verfügung. Beispielsweise die Planung nach der Qualitätsfähigkeit von Maschinen oder aktuellen Maschinenstundensätzen. Dabei existiert für jede Zielgröße, die in einer Planung berücksichtigt werden soll – auch beschreibende Größe genannt, genau ein Planungsagent. Zudem wird noch ein zusätzlicher Planungsagent je logischem Bereich benötigt, der eine Bewertung aller Zielgrößen zueinander vornimmt.

Der Technologieagent ist dafür zuständig, dass Produktmerkmale aufgelöst werden und mit den Fähigkeiten eines Aufgabenagenten verglichen werden können. Im Produktionssystem muss mindestens ein Technologieagent existieren, es können aber auch beliebig viele Technologieagenten existieren, maximal so viele wie es logische Bereiche gibt.

Der Kontrollagent unterstützt bei der Überwachung von Aufgaben, die durchgeführt werden. Es steht ein Kontrollagent pro zu überwachender Größe je logischem Bereich zur Verfügung. Im einfachsten Fall steht ein Kontrollagent zur Überwachung der logistischen Abläufe in einem logischen Bereich zur Verfügung und kann von allen zugeordneten Aufgabenagenten genutzt werden, die eine entsprechende Kontrollfähigkeit besitzen. Hier überwacht er nach Start eines Auftrags dessen termingerechte Beendigung. Auch komplexere technologische Überwachungen können von den Kontrollagenten durchgeführt werden, indem sie von Ressourcenagenten dazu genutzt werden. Eine kaskadierte Überwachung kann durch eine hierarchische Anordnung von Kontrollagenten erreicht werden.

Der Störungsbehandlungs-Agent wird durch den Kontrollagenten mit Hilfe einer eigenen Schnittstelle aufgerufen und hilft bei der Störungsbehebung und beim Wiederaufsetzen nach einer Störung. Dazu ist mindestens ein Störungsbehandlungs-Agent pro zu überwachender Größe notwendig. Der Störungsbehandlungs-Agent wird aktiv, wenn ein Kontrollagent eine Störung erkennt und der Aufgabenagent, der die zugehörige Aufgabe ausführt, eine entsprechende Störungsbehandlungsfähigkeit besitzt.

### **7.4.4 Aufbau dynamischer Beziehungen mit Hilfe von Verhandlungen**

In einem strukturdynamischen Modell müssen diese Beziehungen zwischen den einzelnen Systemelementen leicht geändert werden können. Daher wird im ASDIM-P-Konzept keine feste Verbindung zwischen einzelnen Systemelementen aufgebaut, sondern jede Beziehung bei Bedarf generiert. Dabei können sowohl starre Strukturen wie hierarchische Organisationen als auch dynamische Strukturen abgebildet werden. Bei starren Strukturen entstehen dabei bei jeder neuen Generierung die gleichen Beziehungen, bei dynamischen werden die Beziehungen entsprechend der zugrunde liegenden Ziele neu aufgebaut.

Die bisher dargestellten Elemente des Modells der Produktion, die logischen Bereiche, können in unterschiedlicher Mengenrelation zueinander stehen. Ein logischer Bereich kann alleine stehen oder er kann ein Element eines oder mehrerer anderer logischer Bereiche

sein. Des Weiteren ist die Hierarchietiefe beliebig. Die Mengenrelation zwischen logischen Bereichen wird dadurch aufgebaut, dass ein Aufgabenagent den oder die Aufgabenagenten kennt, in deren logischen Bereichen er sich befindet, die sie repräsentieren. Durch eine Abfrage der einzelnen Aufgabenagenten kann die gesamte „Aufbauorganisation“ der logischen Bereiche dargestellt werden. Weiterhin können schnell Änderungen bei der Zuordnung der Systemelemente vorgenommen werden, indem eine Aufgabenagent die Zuordnung zu einem anderen löscht und durch eine neue ersetzt.

Beziehungen, die auf das Verhalten eines logischen Bereichs oder das Gesamtverhalten schließen lassen, sind durch diese statische Zuordnung nicht abbildbar. Im ASDIM-P-Konzept wird daher dem Aufbau der Beziehungen das beschriebene grundlegende Kommunikationsverhalten zwischen Kunden und Lieferanten - ein Verhandlungsmechanismus - zugrunde gelegt.

Das hier beschriebene Prinzip geht davon aus, dass alle möglichen Verbindungen zwischen einzelnen Systemelementen im ersten Schritt aufgebaut werden. Daraufhin werden in einem zweiten Schritt die entsprechenden Beziehungen bewertet und es bleiben nur diejenigen bestehen, die der dem Bereich zugrunde liegenden Struktur entsprechen. Um dieses Konzept umsetzen zu können, bildet das erweiterte Contract Net Protokol von PISCHELTSRIEDER [1996 S. 51] die Grundlage, die auf den Konzepten von SMITH [1988] erweitert von BAKER [1991] aufbaut. Das Konzept von SMITH wurde zur schnellen Verteilung von Datenverarbeitungsaufgaben und deren Koordination entwickelt. BAKER hat es zur Steuerung der Produktion eingesetzt und PISCHELTSRIEDER hat es um die Möglichkeit erweitert, auch simultan mehrere Aufgaben planen oder bearbeiten zu können. Dies ist im ursprünglichen Konzept von SMITH nicht erlaubt, jedoch für logistische Zwecke unentbehrlich. Prinzipiell ist der Aufbau von Verbindungen ein iterativer Planungsvorgang, wie er in Bild 52 dargestellt ist.

Bild 53 gibt einen Überblick der Kommunikationskanäle, über die Agenten kommunizieren und Bild 54 zeigt den vereinfachten Ablauf des Nachrichtenaustauschs über diese Kanäle zum Aufbau von Systemelementebeziehungen.

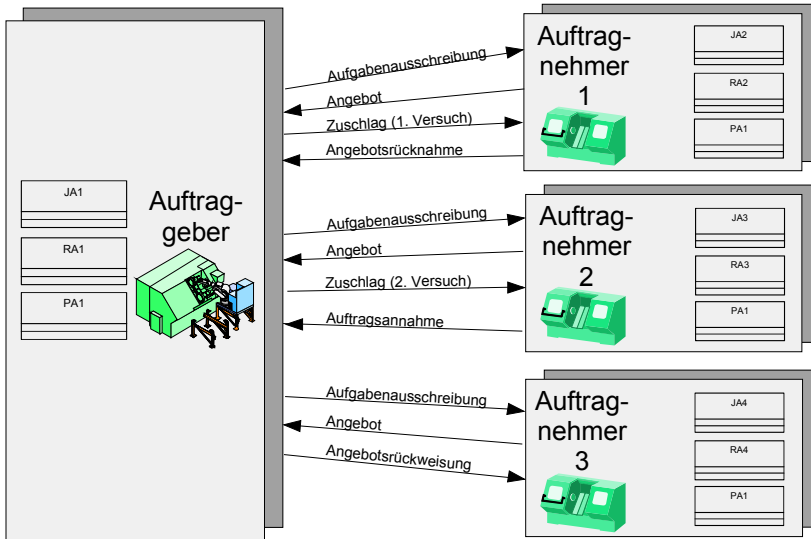


Bild 52: Iterativer Planungsvorgang zum Aufbau von Beziehungen

Dabei wird eine anstehende Aufgabe (1) dadurch eingeplant, dass ein Aufgabenagent mit Hilfe des Technologieagenten die nötigen Ressourcen erfährt (2). Die ihm zugeordneten Ressourcenagenten und der Planungsagenten erzeugen Planungsalternativen (3)(4)(5). Der in diesem logischen Bereich vorhandene Aufgabenagent bewertet die Planungsalternativen der Ressourcenagenten (6) und gibt diese an den anfragenden Aufgabenagenten des nächsten logischen Bereichs weiter (7). Dieser führt wiederum eine Bewertung für seinen Bereich durch und gibt diese weiter. Dieser Prozess vollzieht sich solange, bis der Ausgangspunkt für eine Aufgabe erreicht ist.

Beziehungen zwischen Systemelementen werden über Verhandlungen aufgebaut, indem eine Vielzahl von Beziehungen mit Hilfe von Anfragen generiert werden und daraus diejenigen Beziehungen ausgewählt werden, die mit vorhandenen Zielen konform sind. Diese ausgewählten Beziehungen stellen die aktuellen Beziehungen zwischen Systemelementen dar. Die Verhandlung umfasst die Anfrage und das Angebot und wird zwischen Aufgabenagenten geführt. Das Ergebnis der Verhandlung ist der Auftrag (8). Ist ein Auftrag vergeben, so ist eine Kunden-Lieferanten-Beziehung aufgebaut (9) und eine entsprechende Be-



ziehung zwischen zwei Systemelementen besteht. Aufbauend auf der Beziehung kann nun die Fehlerüberwachung stattfinden (10).

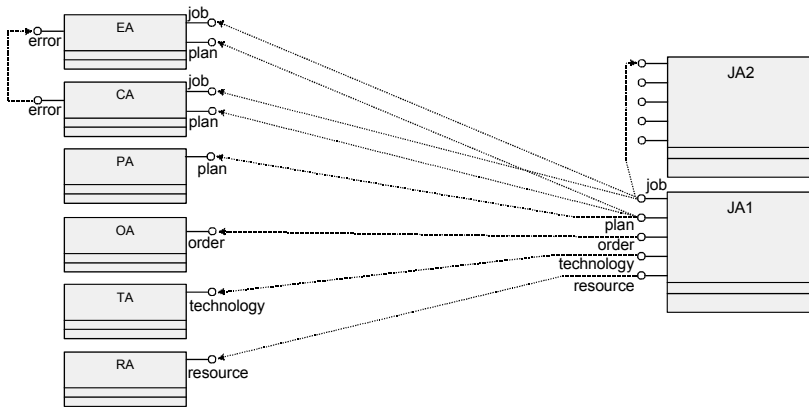


Bild 53: Verbindungsstruktur im ASDIM-P-Konzept

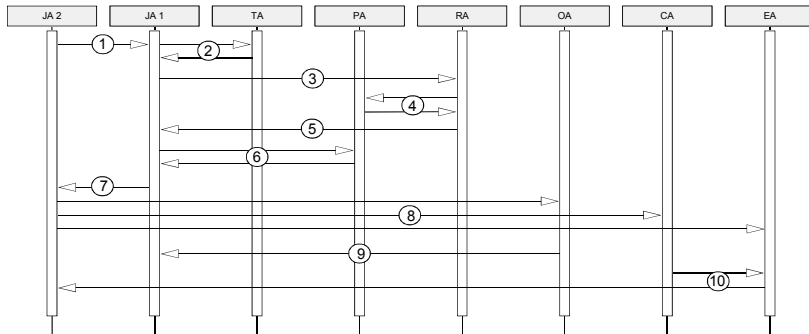


Bild 54: Vereinfachter Ablauf beim Aufbau von Beziehungen

Im Folgenden ist der vollständige Ablauf eines Beziehungsaufbaus beschrieben.

Ein Aufgabenagent erhält über die Aufgabenschnittstelle eine Aufgabe. Diese formuliert er in eine Anfrage um, die die Daten der durch die Aufgabenschnittstelle empfangenen Auf-

gabe enthält. Der Aufgabenagent kennt die Summe seiner Fähigkeiten (capabilities). Ist ein Aufgabenagent Repräsentant eines logischen Bereichs, in dem sich weitere Aufgabenagenten befinden, ermittelt er die Summe aller Fähigkeiten innerhalb seines logischen Bereichs, indem er ein Anfrage (capability request) bezüglich der Fähigkeiten durchführt. Der capability request richtet sich an alle Aufgabenagenten. Es antworten aber nur diejenigen Aufgabenagenten, die zum entsprechenden Bereich gehören. Ergebnis dieser Anfrage ist ein n-Tupel an Fähigkeiten.

$$C_i = (c_1, \dots, c_n) \text{ mit } i, n \in \mathbb{N}$$

Der Aufgabenagent lässt vom Technologieagenten ermitteln, ob die gestellte Anfrage von ihm durch die ihm zur Verfügung stehenden Fähigkeiten bewerkstelligt werden können. Dazu wird die gestellte Aufgabe (job) ( $J_i = (j_1, \dots, j_n)$  mit  $i, n \in \mathbb{N}$ ) und die Summe der Fähigkeiten  $C$  an den zuständigen Technologieagenten gesendet. Dieser nimmt eine Zuordnung der Aufgabenelemente  $j_i$  zu den Fähigkeiten vor. Dies geschieht entweder automatisiert und kann durch eine starr vorgegebene Verknüpfung erfolgen oder basiert auf dem Werkstückmodell von SCHMIDT [1996 S. 109-111], das im wesentlichen auf Konzepten von DETAND [1993], KRUTH U.A. [1994] aufbaut. Eine weitere Möglichkeit ist die Zuordnung der Fähigkeit zur Aufgabe, die innerhalb der Arbeitsplanung mit Hilfe des Menschen geschieht. In diesem Fall ist der Technologieagent die Schnittstelle zum Arbeitsplaner.

Der Technologieagent gibt dem Aufgabenagenten die benötigten Ressourcen für jede Fähigkeit zurück, mit der die Anfrage erfüllt werden kann. Das Ergebnis  $R_i$  ist somit das n-Tupel der benötigten Ressourcen über den Fähigkeiten:

$$R_i = (((r_j, \dots, r_k), (r_l, \dots, r_m), c_n), \dots, ((r_o, \dots, r_p), (r_q, \dots, r_r), c_s)) \text{ mit } i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s \in \mathbb{N}$$

Es findet dabei eine Unterscheidung von auftragsunabhängigen Ressourcen und auftragsabhängigen Ressourcen statt. Erstere sind Menschen, Maschinen und Informationen. Zweitere sind Material, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe und auftragsabhängige Informationen. Die Zuordnung wird durch eine Gliederung des Tupels in die drei Bereiche auftragsunabhängige Ressourcen, auftragsabhängige Ressourcen und Fähigkeiten erreicht.

Der Technologieagent hat beispielsweise ermittelt, dass ein Aufgabenagent ein Einzelteil  $x$  entweder durch seine Fähigkeit Drehen ( $c_1$ ) oder seine Fähigkeit Fräsen ( $c_2$ ) herstellen kann. Zum Drehen würde er die auftragsunabhängige Ressourcen  $r_1$  und  $r_2$  sowie die auf-

tragsabhängige Ressourcen  $r_3$  und  $r_4$  benötigen. Zum Fräsen würde er die auftragsunabhängigen Ressourcen  $r_5$  und  $r_6$ , sowie die auftragsabhängige Ressourcen  $r_4$  und  $r_7$  benötigen. Das Ergebnis  $R_1$  sieht demnach folgendermaßen aus

$$R_1 = (((r_1, r_2), (r_3, r_4), c_1), ((r_5, r_6), (r_4, r_7), c_2))$$

Des Weiteren gibt der Technologieagent die Bearbeitungszeiten (ZBR) jeder Ressource zurück. Für die Zeiterminierung wird die Bearbeitungszeit als konstant angenommen. Das Ergebnis  $T_1$  ist somit das n-Tupel der resultierenden Durchführungszeiten über den Fähigkeiten:

$$T_1 = (((t_j, \dots, t_k), (t_l, \dots, t_m), c_n), \dots, ((t_o, \dots, t_p), (t_q, \dots, t_r), c_s)) \text{ mit } i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s \in \mathbb{N}$$

Zur Bearbeitung des Teils  $x$  ermittelt der Technologieagent beispielsweise eine Durchführungszeit von 50 min für die auftragsunabhängige Ressource  $r_1$  (z.B. reine Drehbearbeitungszeit) bzw. 50 min für  $r_2$  (z.B. Werker an der Drehmaschine). Die auftragsabhängigen Ressource  $r_3$  benötigt eine Durchführungszeit von 10 min (z.B. Transport von Rohmaterial zur Drehmaschine), während die auftragsabhängigen Ressource  $r_4$  keine Durchführungszeit benötigt (z.B. auftragsabhängige Information). Mit ähnlich ermittelten Werten für das Fräsen ( $r_5 = 10\text{min}$ ,  $r_6 = 20\text{min}$  und  $r_7 = 30\text{min}$ ), ergibt sich folgendes Ergebnis  $T_1$  bei  $R_1 = (((r_1, r_2), (r_3, r_4), c_1), ((r_5, r_6), (r_4, r_7), c_2))$ :

$$T_1 = (((50, 50), (10, 0), \text{Drehen}), ((10, 20), (0, 30), \text{Fräsen})).$$

Dieser Zerlegung folgend versendet der Aufgabenagent Anfragen (request  $Rq_i$ ). Die Anfragen gehen über die Auftragsschnittstelle allen anderen Aufgabenagent zu. Diese wird die Identifikation des anfragenden Aufgabenagent angehängt, damit die Anfrage auf den entsprechenden logischen Bereich reduziert bleibt. Die Anfrage enthält Menge, Liefertermin und Lieferort und das Produkt selbst, das produziert werden soll. Die Menge ist unterteilt in die quantifizierende Größe  $P_N$  und die Einheit  $P_U$ . Der Liefertermin enthält den frühesten Lieferzeitpunkt  $T_{FL}$ , den Lieferzeitpunkt  $T_L$  und spätesten Lieferzeitpunkt  $T_{SL}$ . Der Lieferort ist durch den Aufgabenagenten JA gekennzeichnet, in dessen logischen Bereich der Ort fällt. Weiterhin enthält die Anfrage sogenannte beschreibende Größen ( $g_i$ ), die die Bewertungsgrundlage und die Randbedingungen für Planungen und Abläufe darstellen.

$$Rq_i = ((P_{Ni}, P_{Ui}), (T_{FLi}, T_{Li}, T_{SLi}), JA_i, (g_{1i}, \dots, g_{ni})) \text{ mit } i, n \in \mathbb{N}$$

Als Beispiel dient die Anfrage „10 Teile XYZ mit  $T_{FL} = 12.00$  Uhr  $T_L = 13.00$  Uhr und  $T_{SL} = 17.00$  Uhr fertigen, an Abladestelle 3c übergeben und die Termintreue, die Prozessfähigkeit und die Maschinenstundensätze bei der Planung beachten“. Eine Anfrage kann aber auch sehr abstrakt sein: „Produkt xyz bis  $T_L = 12.00$  Uhr fertigen und bei der Planung die Durchlaufzeit berücksichtigen“. Die Anfrage enthält keine Spezifikation des Aufgabenagenten, der diese Aufgabe erledigen soll. Zweck einer Verhandlung ist die Zuweisung der Aufgabe zu einem Aufgabenagenten.

Ein Aufgabenagent, der eine entsprechende Anfrage erhalten hat, löst die nötigen Ressourcen mit Hilfe des Technologieagenten auf die gleiche Weise wie oben beschrieben auf. Bezüglich der darin erhaltenen Ressourcen führt er eine Zeiterminierung durch und erstellt ein Angebot, das ein Planungsergebnis bezüglich einer bestimmten Anfrage darstellt und bei dessen Erstellung er von unterschiedlichen Planungsagenten unterstützt wird. Es enthält eine konkrete Menge, einen konkreten Liefertermin und -ort, das Produkt und den Identifier des Aufgabenagenten, sowie die konkrete Darstellung der Zielwerte aus der Anfrage, wie zum Beispiel eine konkrete Termintreue, eine konkrete Sicherheit in Form von Prozessfähigkeit und die Stückkosten in Abhängigkeit von den Maschinenstundensätzen.

Die Anfrage enthält die Zeitpunkte frühester Lieferzeitpunkt  $T_{FL}$ , Lieferzeitpunkt  $T_L$  und spätester Lieferzeitpunkt  $T_{SL}$ . Diese sind der Ausgangspunkt der Planung. In einem ersten Schritt wird eine Rückwärtsterminierung vorgenommen. Dabei werden mittels der Durchführungszeiten der auftragsunabhängigen Ressourcen und der geforderten Menge von dem Planungsagenten, der für die Rückwärtsterminierung zuständig ist, der früheste Bearbeitungszeitpunkt  $T_{FB}$ , der Bearbeitungszeitpunkt  $T_B$  und der späteste Bearbeitungszeitpunkt  $T_{SB}$  ermittelt (Bild 55).

Die ermittelten Zeitpunkte des frühesten Bearbeitungsbeginns, des Bearbeitungsbeginns und des spätesten Bearbeitungsbeginns stellen eine Startbedingung für die weitere Planung dar.

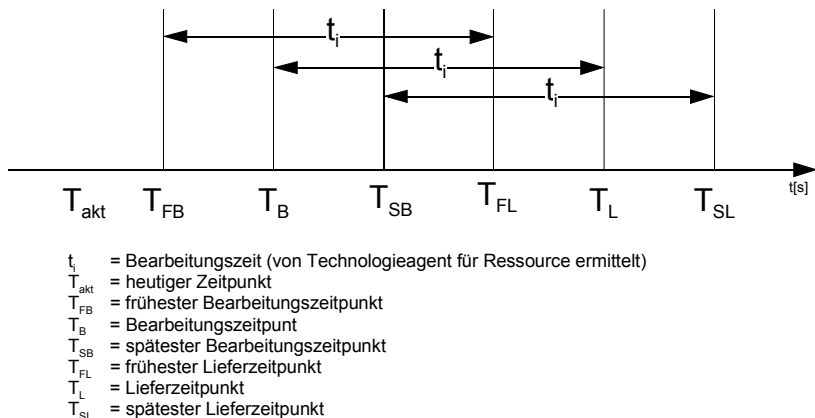


Bild 55: Ermittlung der Zeitpunkte  $T_{FB}$ ,  $T_B$  und  $T_{SB}$

Im Folgenden wird die Aufgabe innerhalb der aus der Rückwärtsterminierung erhaltenen Zeitschranken eingeplant. Dazu wird eine Anfrage an die beteiligten Ressourcenagenten gerichtet, die eine auftragsunabhängige Ressource repräsentieren. Der betreffende Agent befindet sich dabei immer in einem der beiden Zustände „Belegt“ oder „Frei“. Die normierte Leistung ist dabei immer 0% oder 100%. Sollten auf einer Maschine beispielsweise mehrere Bearbeitungen gleichzeitig und unabhängig durchgeführt werden und sie parallel mehrere Aufträge ausführen können, so muss sie immer mehreren Ressourcenagenten zugeordnet werden. Eine Drehmaschine kann beispielsweise immer nur einen Auftrag ausführen. Ein anderer Auftrag wäre immer mit Werkstück- und Werkzeugwechsel verbunden, d.h. die prozentuale Leistung der Drehmaschine ist während der Auftragsbearbeitung 100%, bei Beendigung des Auftrags 0%. Die Bearbeitungszeit der auftragsunabhängigen Ressource wird mit der Menge des Erzeugnisses multipliziert. Es entstehen  $n$  (die Menge der Erzeugnisse) Rechtecke mit der Bearbeitungszeit und der normierten Leistung 100% als Kantenlängen (Bild 56). Zu den einzelnen Rechtecken wird, wenn sie nicht direkt aufeinander folgen, ein Rüstzeitanteil (ZR) addiert, so dass mit der Auftragszeit  $ZAU_i = ZBR_i + ZR_i$  gerechnet wird. Die Gesamtdauer der Bearbeitung, nicht die Durchlaufzeit, ergibt sich aus der Addition der einzelnen Teilbearbeitungen zu  $ZAU_{Ges} = \sum ZAU_i$  mit  $i \in N$

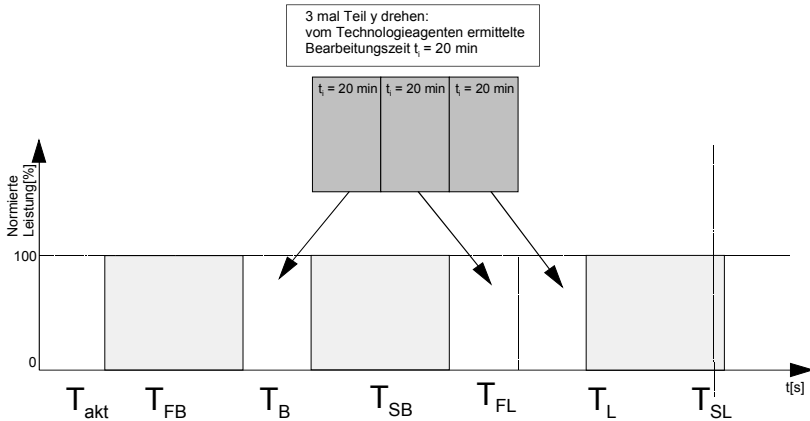


Bild 56: Die Belegungsplanung

Die Planung wird durchgeführt, indem der Zeitraum vom Planungsstart ( $T_{\text{akt}}$ ) bis zum spätesten Liefertermin ( $T_{\text{SL}}$ ) betrachtet wird. Eingeplante Aufträge sind in obiger Abbildung als helle Rechtecke dargestellt. Die Rechtecke werden so eingeplant, dass sie die Lücken in der bestehenden Planung ausfüllen und die Randbedingung des Liefertermins eingehalten werden. Die einzelnen Alternativen werden von den Planungsagenten bezüglich der geforderten beschreibenden Größen bewertet.

Im Anschluss folgt die Einplanung der auftragsabhängigen Ressourcen. Durch die durchgeführte Belegungsplanung sind die Anfangszeitpunkte der einzelnen Arbeitsgänge bekannt. Für auftragsabhängige Ressourcen gilt der Grundsatz: „Zur richtigen Zeit am richtigen Ort“. Die Einhaltung dieser Bedingung sichert der Ressourcenagent, der die jeweilige auftragsabhängige Ressource verwaltet. Er ist für die Bereitstellung, den Transport, die Lagerhaltung der Ressource oder den Materialfluss verantwortlich. An die Ressourcenagenten wird vom Aufgabenagenten eine Anfrage bezüglich der Lieferung der auftragsabhängigen Ressourcen gestellt. Die Anfrage enthält die Terminierung aus der durchgeführten Belegungsplanung. Der Ressourcenagent plant dann die Bereitstellung der Ressourcen im Zeitraum von jetzt bis zu den Anfangszeitpunkten. Er verhält sich dabei wie ein Aufgabenagent. Die Planung erfolgt oben beschrieben. Sein Planungsergebnis sendet er als Angebot, das bereits die Lieferzeitpunkte sowie sonstige beschreibende Größen enthält, an den Aufgabenagenten zurück.

Die Anfrage ist nun bezüglich Zeit und Kapazität eingeplant. In diesem Schritt werden alle, die Planung beschreibenden Größen erfasst. Dies sind beispielsweise die Produktivität, die Auslastung, der Bestand und die Durchlaufzeiten. Die Anzahl der beschreibenden Größen kann beliebig erweitert werden indem ein zuständiger Planungsagent dem Netz der Agenten hinzugefügt wird. Diese beschreibenden Größen dienen als Ausgangspunkt der folgenden Auswahl eines Angebots. Die für diese Einplanung ermittelten Anfragedaten, werden in einer Planungsalternative festgehalten. Die Planungsalternative  $p_i$  ist eine Antwort auf eine bestimmte Anfrage. Alle Planungsalternativen  $P_i = (p_1, \dots, p_n)$  mit  $i, n \in \mathbb{N}$  werden dem anfragenden Agenten in folgender Form zurückgegeben:

$$P_i = \begin{pmatrix} p_1 \\ \vdots \\ p_n \end{pmatrix} = \left( \begin{pmatrix} \text{PN}_{i,1} & \text{PU}_{i,1} \\ \vdots & \vdots \\ \text{PN}_n & \text{PU}_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_{FL,1} & T_{L,1} & T_{SL,1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ T_{FL,n} & T_{L,n} & T_{SL,n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{JA}_{i,1} \\ \vdots \\ \text{JA}_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_{11} & \dots & g_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ g_{n1} & \dots & g_{nm} \end{pmatrix} \right) \quad \text{mit}$$

$n \in \mathbb{N}$

Sie werden anschließend vom Aufgabenagenten gespeichert und als Angebot an den Anfragesteller zurückgesandt.

Der anfragende Agent führt wiederum für die ihn erreichten Anfragen eine entsprechende Planung durch, indem er auf seinem Abstraktionsniveau die beschreibenden Größen bewertet und aus den Planungsalternativen auf Basis dieser Bewertungen Planungsalternativen für bei ihm eingetroffene Anfragen erstellt. Für jede beschreibende Größe ist dazu ein Planungsagent vorhanden, bzw. es ist auch ein Planungsagent zur Gegenüberstellung einzelner beschreibender Größen vorhanden. Eine entsprechende Planung ergibt neue Planungsalternativen auf einem höheren Abstraktionsniveau, die wiederum als Angebot an den Anfragesteller versendet werden.

Der Auftrag wird nun vom obersten anfragenden Aufgabenagenten erstellt, indem der Aufgabenagenten ausgewählt wird, der das günstigste Angebot eingereicht hat. Dies wird dadurch bewertet, dass die rückgemeldeten beschreibenden Größen wiederum mit Hilfe eines Planungsagenten zueinander in Beziehung gesetzt werden. Diese Vorgehensweise wird kaskadiert nach unten fortgesetzt.

Auf die beschriebene Art und Weise werden alle Beziehungen zwischen den logischen Bereich – den Systemelementen – aufgebaut und ein Modell der Produktion entsteht, das die Hierarchien sowie die Material- und Informationsflüsse enthält.

### 7.4.5 Erstellung und Bewertung von Planungsalternativen

Zur Erstellung und Bewertung der Planungsalternativen sind im Agentennetzwerk die Planungsagenten von herausragender Bedeutung. Bild 57 zeigt einen Ausschnitt aus einem Agentennetzwerk mit Planungsagenten für zu beschreibende Größen und einem Planungsagenten zur Bewertung der Planungsalternativen je logischem Bereich.

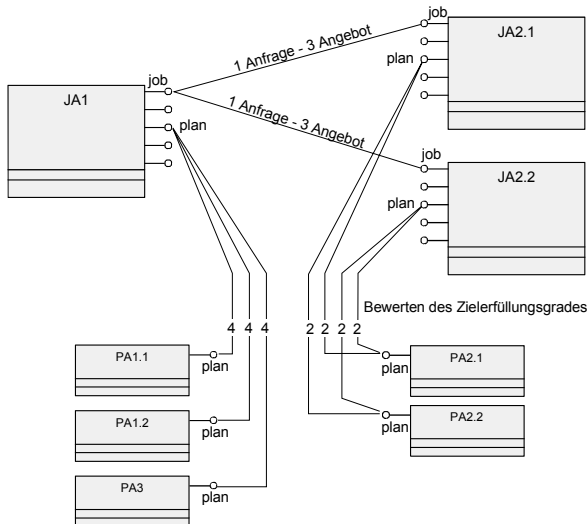


Bild 57: Ausschnitt eines Agentennetzwerks mit Planungsagenten

Ein Aufgaben- und ein Ressourcenagent, der eine Anfrage erhält (1), bekommt gleichzeitig Informationen über Zielgrößen – die zu bewertenden Größen, nach welchen die eingehenden Angebote bewertet werden. Jeder anbietende Agent muss daher eine Bewertung seines Angebots (3) bezüglich der zu bewertenden Größen liefern. Damit er diese Aufgabe erfüllen kann, stehen ihm Planungsagenten zur Verfügung (2)(4). Dabei existiert für jede zu bewertende Größe genau ein Planungsagent, der eine Situation bezüglich dieser Größe ein-



schätzen kann. Beispielsweise wird in einer Anfrage die Verfügbarkeit, die Auslastung und die Durchlaufzeit als zu bewertende Größen benannt.

Da die benötigten Informationen oft nicht zum Wissensschatz der Aufgaben- oder Ressourcenagenten gehören, werden Informationen, die zur Bewertung der Zielgrößen nötig sind, beim Planungsagenten gespeichert und verwaltet. Dies bedeutet, dass er alle die Informationen bei sich hält und sammelt, die er für seine Planungen benötigt. Am Beispiel der Qualitätsfähigkeit von Ressourcen bedeutet dies, dass die Ressourcen im Planungsagenten abgebildet werden, indem er eine Anfrage startet, die ihm alle vorhandenen Ressourcen liefert. Die jetzt speziell anfallenden Ressourceninformationen werden nur vom Planungsagenten gesammelt und gespeichert. Dabei kommen die Ressourcenagenten mit dieser Information nicht in Berührung. Dies hat den Vorteil, dass im Laufe der Lebensdauer des Informationssystems, leicht neue Ziele bei der Planung der Abläufe mit integriert werden können. Ein Planungsagent kann somit auch als Bindeglied zu neuen Informationssystemen dienen, die ansonsten nur sehr schwer in ein logistische Planungs- und Steuerungssystem zu integrieren sind.

Weiterhin verfügt der Planungsagent über hinterlegte Regeln, um diese Situationen einheitlich innerhalb eines Punktesystems von Null bis einhundert bewerten zu können. Dies entspricht einer Zielerfüllung von 0-100%. Dabei ist eine sehr gute Situation mit einhundert und eine sehr schlechte mit eins zu bewerten. Absolute Nichterfüllung führt zu einer Bewertung mit Null. Diese Bewertungsgrößen werden zurück an den sich informierenden Agenten gegeben, der diese Informationen zusammen mit den konkreten Angebotsgrößen in sein Angebot einbezieht und an den anfragenden Agenten zurücksendet. Damit eine Bewertung auf der nächsten Abstraktionsebene durchgeführt und eine Auswahl der Alternativen vorgenommen werden kann, werden die Planungsalternativen dem Planungsagenten übergeben, der diese Bewertung durchführen kann. Dabei ermittelt er aus allen Planungsalternativen  $P_1$  die beste Planungsalternative im Sinne der Zielerfüllung mittels einer Nutzwertanalyse nach Ghandforoush [DAENZER 1994, KRAICHGAUER 1995]

Alle Planungsalternativen werden auf die Erfüllung von Zielkriterien von einem Planungsagenten hin untersucht. Die zu bewertenden Größen unterteilt man dabei in drei Arten von Faktoren. Kritische Faktoren (critical factors) sind Ausschlussfaktoren, welche angeben, ob eine Alternative prinzipiell in Frage kommt. Objektive Faktoren (objective factors) können

in Geldeinheiten ausgedrückt werden und die subjektiven Faktoren (subjective factors) sind teilweise messbar, vom subjektiven Empfinden abhängig oder einer Zielfunktion zuordbar.

Die Planungsalternativen werden mit Hilfe eines Gesamtbewertungsfaktors  $PM_i$  (package measure) miteinander verglichen. Der Faktor  $PM_i$  berücksichtigt die drei Arten der oben beschriebenen Faktoren:

$$PM_i = CFM_i (X OFM_i + (1-X)SFM_i) \text{ mit } i \in N;$$

$PM_i$ : Gesamtbewertungsfaktor (package measure) der Planungsalternative  $i$ ,  $0 < PM_i < 1$ ;

$CFM_i$ : Kritischer Faktor (critical factor measure) der Planungsalternative  $i$ ,  $CFM_i = 0$  oder  $1$ ;

$OFM_i$ : Faktor für die objektiv erfassbaren Systemaspekte der Planungsalternative  $i$  (objective factor measure),  $0 < OFM_i < 1$  und  $\sum_{i=1}^n OFM_i = 1$  und  $n = \text{Anzahl der Planungsalternativen}$ ;

$SFM_i$ : Faktor für die subjektiven Systemaspekte der Alternative  $i$  (subjective factor measure),  $0 < SFM_i < 1$  und  $\sum_{i=1}^n SFM_i = 1$  und  $n = \text{Anzahl der Planungsalternativen}$ ;

$X$ : Gewicht, welches zusätzlich vergeben werden kann,  $0 < X < 1$ .

Der Gesamtbewertungsfaktor  $PM_i$  nimmt Werte zwischen 0 und 100% an. Er zeigt den Zielerreichungsgrad einzelner Planungsalternativen  $i$ .

Der kritische Faktor  $CFM_i$  sagt aus, ob eine Planungsalternative prinzipiell die Mindestanforderungen erfüllt und somit zu den möglichen Varianten gehört. Ist dies nicht der Fall, so nimmt der Faktor  $CFM_i$  den Wert 0 an, der Faktor  $PM_i$  wird dadurch ebenso zu 0, das heißt, die Planungsalternative hat keinen Nutzen.

Der Faktor  $X$  drückt aus, welches Gewicht den objektiven Faktoren beigemessen wird. Je größer der Faktor  $X$  ist, desto stärker gehen die objektiven Faktoren in den Faktor  $PM_i$  ein und desto weniger werden die subjektiven Aspekte berücksichtigt.

Die Bestimmung des objektiven Faktors geschieht durch Verrechnung aller in Geldeinheiten bewertbaren Kosten:

$$OFM_i = \frac{1}{OFC_i \cdot \prod_{j=1}^n \frac{1}{OFC_j}} \quad \text{mit } i, j, n \in \mathbb{N};$$

OFC<sub>i</sub>: Summe aller in Geldeinheiten bewertbaren Kosten der Planungsalternative i (objective factor cost).

Der Term für OFC<sub>i</sub> berücksichtigt die Alternative mit den höchsten Kosten, diese hat den geringsten Faktor OFM<sub>i</sub>. Weiterhin bleibt das Verhältnis der Kosten zwischen den einzelnen Alternativen erhalten und die Summe aller OFM<sub>i</sub> ergibt 100%.

Der subjektive Faktor SFM<sub>i</sub> wird durch das Gewicht eines jeden subjektiven Faktors innerhalb der Gesamtheit aller subjektiven Faktoren und das Gewicht einer Alternative i bezüglich eines subjektiven Faktors bestimmt.

Der Faktor SFM<sub>i</sub> ist wie folgt definiert:

$$SFM_i = \prod_{k=1}^m \overline{SF\overline{W}_k} \cdot \overline{SP\overline{W}_{ik}} \quad \text{mit } i, k \in \mathbb{N} \text{ dabei bedeutet:}$$

$\overline{SF\overline{W}_k}$ : Gewicht eines subjektiven Faktors k innerhalb der Gesamtheit der subjektiven Faktoren (subjective factor weight);

$\overline{SP\overline{W}_{ik}}$ : Gewicht einer Alternative i bezüglich aller Planungsalternativen hinsichtlich dem subjektiven Faktor k (subjective package weight);

m: Anzahl der subjektiven Aspekte.

Der Faktor  $\overline{SP\overline{W}_{ik}}$  ist definiert als:  $\overline{SP\overline{W}_{ik}} = \frac{SPW_{ik}}{\sum_{i=1}^n SPW_{ik}}$  mit  $i, k \in \mathbb{N}$ .

Zur Ermittlung der  $SPW_{ik}$  sind in Bild 58 mögliche funktionale Zusammenhänge zur Umrechnung der zu bewertenden Größe in das entsprechende  $SPW_{ik}$  (Punktzahl) aufgeführt, die im Planungsagenten hinterlegt werden.

Man erhält den Faktor  $SPW_{ik}$ , indem jede Planungsalternative i innerhalb eines subjektiven Faktors k einen Rang erhält. Dividiert man diesen Rang durch die Summe der Ränge für einen subjektiven Faktor, so erhält man  $\overline{SP\overline{W}_{ik}}$ . Das Gewicht  $\overline{SF\overline{W}_k}$  eines subjektiven Faktors erhält man, indem den verschiedenen subjektiven Faktoren Ränge entsprechend

ihrer Wichtigkeit zugeteilt werden. Dividiert man jeweils den Rang für einen subjektiven Faktor  $k$  durch die Summe der Ränge, die an die subjektiven Faktoren vergeben wurden, so erhält man den Faktor  $\overline{SFW}_k$ . Es besteht folgender formaler Zusammenhang:

$$\overline{SFW}_k = \frac{SFW_k}{\sum_{k=1}^m SFW_k} \text{ mit } k, m \in \mathbb{N}.$$

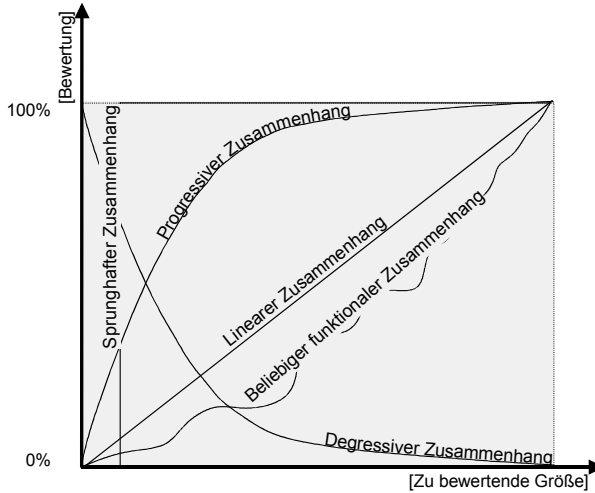


Bild 58: Mögliche funktionale Zusammenhänge bei der Umrechnung einer zu bewertenden Größe in das  $SPW_{ik}$

Wird erkannt, dass ein Produktionssystem in Zukunft mit einer weiteren zu bewertenden Größe gesteuert werden soll und dadurch ein neues Ziel in die Steuerung mit aufgenommen, so wird ein neuer Planungsagent, der diese Größe bestimmen kann, in das System eingebracht und in dem bewertenden Agenten wird entweder die Größe als neue kritische Größe hinterlegt, wobei sie als objektive, kostenorientierte Größe gekennzeichnet wird oder es wird eine Bewertungsfunktion für eine subjektive Größe hinterlegt.

### 7.5 Aufbau von Informationssystemen basierend auf ASDIM-P.

#### 7.5.1 Übersicht

Im Folgenden ist die Vorgehensweise beim Aufbau von Informationssystemen für die Produktionslogistik beschrieben, die auf dem ASDIM-P-Konzept basiert. Zuerst wird eine Softwarearchitektur vorgestellt, mit deren Hilfe das ASDIM-P-Konzept realisiert werden kann. Diese Architektur ist so aufgebaut, dass sie auf unterschiedlichen Hardwarekonzepten realisiert werden kann. Ein methodischer Aufbau einer solchen Hardwareplattform ist daher nicht beschrieben. Hauptaufgabe bei der Individualisierung eines Informationssystems für die Produktionslogistik ist vor allem die Anpassung von Auswertungen und Abläufen. Diese Anpassung wird durch die beschriebene Softwarearchitektur maßgeblich unterstützt. Weiterhin wird dargestellt, wie durch eine integrierte Modellierung aus der Sichtweise der Produktionslogistik die Sicht der Informationstechnik abgeleitet und eine modellhafte Beschreibung des Informationssystems vorgenommen werden kann. Die Unterstützung der Strukturierung und Steuerung der Produktion wird zum einen durch die Integration der Methoden zur Modellierung der Produktion und zum anderen durch die Möglichkeit, die Steuerungsmethodik einfach zu wechseln, unterstützt. Während die Möglichkeiten zur Modellierung durch das ASDIM-P-Konzept implizit gegeben sind, wird der Wechsel von Steuerungsstrategien explizit beschrieben.

#### 7.5.2 Offene agentenorientierte Architektur

Aufbauend auf den vorgestellten Grundlagen der Gestaltung von Informationssystemen, wird das ASDIM-P-Konzept mit Hilfe einer auf Basis von verteilten Komponenten aufgebauten Architektur aus verteilten Agenten realisiert. Dabei ist das Informationssystem in mehrere Ebenen unterteilt (Bild 59).

Auf den unteren Ebenen befindet sich die Ebene der Hardware und des Betriebssystems. Darauf aufbauend, wird plattformübergreifend eine Ebene als Kommunikationsschicht mit Hilfe von CORBA (Kapitel 5.3) gelegt. Diese dient einer einheitlichen Kommunikation und bietet die Möglichkeit, alle Module und Hilfsprogramme über unterschiedliche Hardwareplattformen zu verteilen und einzelne Bausteine zur Laufzeit hinzuzufügen oder weg-

zunehmen. Die CORBA-Plattform stellt die Basisplattform für das Informationssystem dar. Werden Verbindungen zu Prozessen auf Plattformen benötigt, auf welchen CORBA nicht verfügbar ist, so wird die Kopplung zwischen einzelnen Bausteinen mit Hilfe einer Kopplung auf Kommunikationsebene vorgenommen. Dies erlaubt es, die Architektur einheitlich zu belassen. Auf dieser Kommunikationsebene bauen alle weiteren Ebenen auf. Sie sind zwar einheitlich auf der Kommunikationsplattform angesiedelt, jedoch bauen sie logisch hierarchisch aufeinander auf.

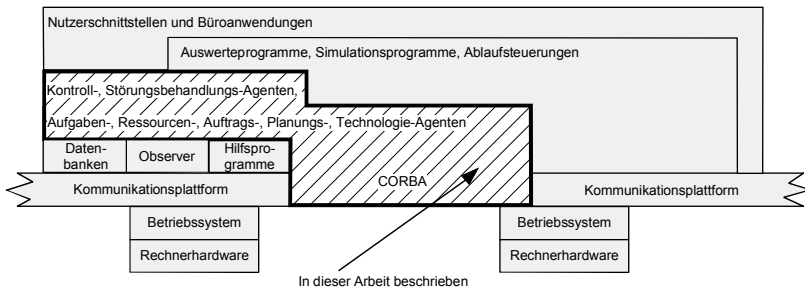


Bild 59: Softwarearchitektur zur Realisierung des ASDIM-P-Konzeptes

In der nächsten Ebene sind Datenbanken und deren Ankopplung sowie weitere Hilfsprogramme – z.B. Programme zum Überwachen von Ereignissen – angesiedelt. Diese werden von der nächsten Ebene genutzt, auf der die beschriebenen Verwaltungs- und Planungsagenten als eigenständige Programme angesiedelt sind. Die Gliederung der Agenten in eigenständig ausführbare Programme hat den Vorteil, dass jederzeit auf unterschiedlichen Plattformen Agenten hinzugefügt oder weggenommen werden können.

Über der Ebene der Agenten liegt die Ebene, in der zum einen die Konfigurations- und Nutzeroberflächen der Agenten und zum anderen die Kontroll- und Störungsbehandlungsagenten und weitere spezifische Programme für Auswertungen liegen. Diese greifen, über die Kommunikationsschicht, auf die Agenten zu und werten die gespeicherten Informationen bedarfsgerecht aus. Zudem können auf dieser Ebene spezielle Programme zur Steuerung liegen. Solche können eingesetzt werden, wenn die Modellierung und Steuerung über die beschriebenen Verhandlungsmechanismen umgangen werden soll, um ein zwar schlankeres aber nicht mehr so flexibles Informationssystem aufzubauen. Auch Simulationspro-

gramme, die einzelne „Was wäre wenn“-Betrachtungen mit Hilfe der unterliegenden Ebenen durchspielen und entsprechend aufbereiten, liegen auf dieser Ebene. Die oberste Ebene, versorgt durch die Programme zur Auswertung und durch die Kontroll- und Störungsbehandlungsagenten, stellen die Oberflächen dar, die als Schnittstelle zu den Nutzern des Informationssystem dienen. In ihnen werden die in Bild 60 dargestellten Möglichkeiten zur Darstellung von Informationen in Verbindung mit den Beschreibungstechniken der Produktionslogistik (Kapitel 6.3) verwendet, um einen Überblick über den vergangenen Stand und die augenblickliche und die zukünftig erwartete Situation zu geben. Durch diesen Aufbau ist es möglich, schnell und effizient nutzerspezifische Auswertungen aufzubauen. Somit können auf Basis einer bedarfsorientierten Informationsbereitstellung leichter Entscheidungen getroffen werden. Einfache und weit verbreitete Büroanwendungen können als solche Schnittstelle herangezogen werden, die über die CORBA-Plattform auf die entsprechenden Informationen zugreifen können.

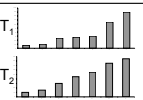
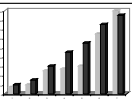
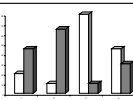
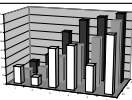
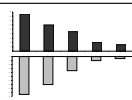
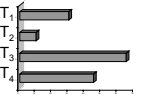
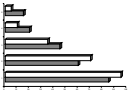
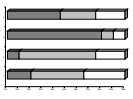
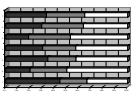
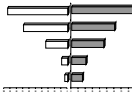
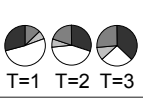
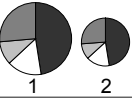
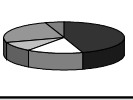

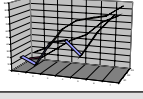
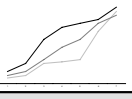
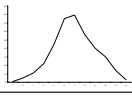
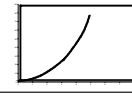
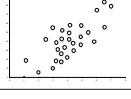
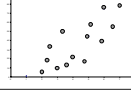
	<b>Zeitreihe</b>	<b>Rangfolge</b>	<b>Struktur</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Korrelation</b>
<b>Säulen- diagramm</b>					
<b>Balken- diagramm</b>					
<b>Kreis- diagramm</b>					
<b>Kurven- diagramm</b>					
<b>Punkte- diagramm</b>					

Bild 60: Möglichkeiten zur Darstellung von Informationen

Die hier beschriebene Architektur hat den Vorteil, dass sie einfach um zusätzliche Module zu erweitern ist und eine Anpassung an neue Anforderungen leicht vollzogen werden kann. Die Basis der Informationssysteme, also die Ebene der Agenten, ist unabhängig von individuellen Informationen und Anforderungen, wie bestimmte Datentypen oder Datenfeldlängen, aufgebaut, wie sie im konkreten Anwendungsfall vorkommen. Daraus ergibt sich, dass die Individualisierung nur in den Auswert-Programmen, den Nutzeroberflächen und den konkreten Datenobjekten in den Datenbanken, nicht jedoch in deren Schnittstellen, vorgenommen wird. Eine einfache und schnelle Anpassung ist somit für die Informationssysteme gegeben und beliebige Nutzergruppen können in den Informationsfluss integriert werden. Die Aufgabe, den Einsatz von Informationssystemen für die Produktionslogistik zu verbessern und zu vereinfachen, wird mit dieser Architektur unterstützt.

### **7.5.3 Integrierte Modellierung**

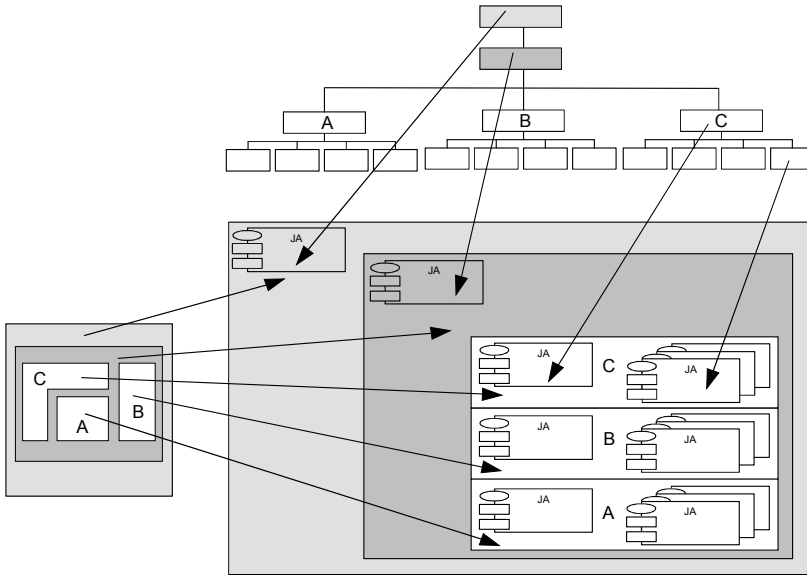
Die Modelle der Produktionslogistik sollen für den Aufbau des Informationssystems wiederverwendet werden können. Dies bedeutet, dass Modelle zur Beschreibung und Analyse von Produktions-, Auftrags- und Produktstruktur und zur Beschreibung und Analyse von Abläufen zum Aufbau und zur Veränderung des Informationssystems für die Produktionslogistik herangezogen werden können. Dazu wird die Aufbau- und die Ablauforganisation unterschieden.

Für die Erstellung des Modells der Aufbauorganisation (Bild 61) werden zuerst die logischen Bereiche zum einen aus der räumlichen und zum anderen aus der organisatorischen Struktur der betrachteten Unternehmenseinheiten gebildet.

Eine Zugehörigkeit einer Stelle zu einer anderen im Organigramm führt dabei zu einer Zugehörigkeit eines Aufgabenagenten zu dem logischen Bereich eines anderen Aufgabenagenten. Diese Zugehörigkeit steuert die Kommunikation bei Verhandlungen und schränkt das Kommunikationsaufkommen ein. Die Zuordnung in räumlicher Dimension führt dazu, dass die „logistische Realität“ abgebildet wird und die Materialflüsse realitätsnah modelliert werden. Die einzelnen Aufgabenagenten kennen ihre Zugehörigkeit zu einem logischen Bereich durch diese Modellierung. In einem nächsten Schritt werden die Ressourcenagenten den einzelnen logischen Bereichen bzw. direkt einzelnen Aufgabenagenten



zugeordnet. Weiterhin werden die Aufgabenagenten mit entsprechenden Fähigkeiten versehen.



*Bild 61: Ableiten der Agentenstruktur aus räumlicher und organisatorischer Struktur*

Die Abbildung der Abläufe und der Steuerung des Produktionssystems wird innerhalb der Technologie- und der Planungsagenten vorgenommen. Dabei wird im Technologieagenten hinterlegt, welche Produkte welche Fähigkeiten der Aufgabenagenten benötigen. Dadurch können unterschiedliche Formen der Produktionssteuerung erreicht werden. Entweder ist dies ein erzwungener Ablauf von Produkten über immer gleiche Aufgabenagenten – z.B. Linienproduktion – oder es findet keine Zuordnung von Bearbeitungsaufgaben zu Aufgabenagenten statt, was eine Steuerung eines Produktionssystems, das aus autonomen Produktionszellen besteht, gleichkommt. Mit Hilfe der Planungsagenten werden die Zielgrößen, die innerhalb der einzelnen logischen Bereiche relevant sind, verfolgt. Für jede Zielgröße innerhalb eines logischen Bereichs wird daher ein eigener Planungsagent aufgebaut. Der Aufbau von Störungsbehandlungsagenten erfolgt entweder als Automaten oder als Entscheidungsunterstützungssystem. Dabei wird zum einen ein Störungsbehebungsablauf

hinterlegt, der bei Bedarf angestoßen wird, z.B. wird eine Neuplanung der Aufträge bei den entsprechenden Aufgabenagenten initiiert. Zum anderen werden alle nötigen Informationen dem menschlichen Nutzer zur Verfügung gestellt, so dass er manuell Eingriffe in die Abläufe – durch Vergabe von neuen Randbedingungen und starten von Neuplanungen – geben kann.

### **7.6 Zusammenfassung**

Die im vorgestellten Konzept beschriebene ASDIM-P Architektur bildet die Basis eines Informationsmanagements, das den Wandel in der Produktion unterstützt.

Dazu werden die Anforderungen abgedeckt, die sich aus den Freiheitsgraden der Produktionslogistik bei der Strukturierung und Steuerung der Produktion ergeben. Zum einen können unterschiedliche Strukturierungsprinzipien abgebildet werden, da die logischen Bereiche, als Systemelemente der Architektur, beliebig aufgebaut sein können. Durch die Möglichkeit, Aufgabenagenten anderen wahlfrei unterzuordnen, kann ein Wechsel von Strukturierungsprinzipien erfolgen und es können Änderungen bei der Überlagerung von Strukturierungsprinzipien vorgenommen werden. Zum anderen werden sowohl zentrale als auch dezentrale Planungsansätze unterstützt, da entweder die Bewertungen von Planungsagenten einzelner logischer Bereiche im Verhältnis zueinander gesetzt werden oder aber es wird eine Gesamtbewertung bezüglich einer Zielgröße über einen großen logischen Bereich durchgeführt. Erfolgt eine Unterstützung der hierarchischen und egalitären Kommunikation, da Freiheitsgrade bei der Zuordnung von Aufgaben zu Ressourcen in den Technologieagenten abgedeckt werden und beliebig wagen gehalten werden können, so dass grundsätzlich alle Aufgabenagenten bei der Verhandlung teilnehmen können. Eine Unterstützung der informellen Organisation findet explizit nicht statt, wird aber auch nicht verhindert. Weiterhin ist eine Variation der Steuerungsstrategien dadurch möglich, dass in jedem logischen Bereich durch Variation der Planungen eine beliebige Steuerungsstrategie genutzt werden kann und logische Bereiche beliebig geändert bzw. hinzugefügt oder gelöscht werden können.

Die Unterstützung bestehender Methoden der Produktionslogistik erfolgt dadurch, dass jegliche angepasste Klassifizierungen genutzt werden können, da der Aufbau der logischen Bereiche prinzipiell jeder Strukturierungsvorschrift genügt und die aus der Klassifizierung

abgeleitete Funktionalität ohne Restriktionen auf die logischen Bereiche verteilt werden kann. Weiterhin ist die gleichzeitige Nutzung von unterschiedlichen PPS-Konzepten durch den Aufbau von parallelen logischen Bereichen möglich. Der Forderung, ein realistisches Abbild der Produktion zu bieten, wird mit dem Aufbau von logischen Bereichen entsprochen, die Nutzung von Realdaten anstelle von Plandaten kann durch entsprechende Parametrierung der Planungsagenten unterstützt werden. Durch die Möglichkeit sowohl bei den Technologie- als auch bei den Planungsagenten die Planungsfunktionalität nicht automatisiert anzubieten, kann der Mensch in die Planung besser einbezogen werden, indem eine Benutzeroberfläche an Stelle eines Planungsalgorithmus in das System eingebunden wird.

Der Anforderungen, unterschiedliche Methoden der Modellierung in der Produktionslogistik zu unterstützen, wird dadurch entsprochen, dass die Architektur immer ein logistisches Modell der Produktion abbildet, um ein Informationssystem aufzubauen. Es kann jedes einzelne Modellelement – die Agenten – angesprochen, die Informationen können detailliert abgegriffen und für die weitere Modellierung verwendet werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das ASDIM-P-Konzept ein sehr hohes Maß an systemimmanenter Flexibilität bietet und als Alleinstellungsmerkmal die ganzheitliche Abdeckung der beschriebenen Anforderungen besitzt.

# 8 Beispielhafte Umsetzung

## 8.1 Übersicht

In diesem Kapitel wird die beispielhafte Umsetzung des im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Konzeptes einer Architektur für ein strukturdynamisches Informationsmanagement für die Produktionslogistik beschrieben. Dazu wird der Aufbau eines Informationssystems für die Produktionslogistik an einem Beispiel erläutert und daraufhin die Erweiterung der Steuerung um eine weitere Zielgröße durchgeführt. Eine Umorganisation der zugrundeliegenden Organisation des Produktionssystems und eine neue Strategie zur Versorgung des Marktes stellt das Beispielszenario für eine Anpassung des Informationssystems dar.

## 8.2 Beispielhafter Aufbau eines Informationssystems

Das vorgestellte Konzept ist innerhalb der Modellfabrik des iwB in einer Test- und Laborumgebung aufgebaut. Die Modellfabrik des iwB ist eine Erprobungsumgebung, mit der sich funktionsübergreifende Szenarien beliebiger Unternehmensabläufe abbilden und durchführen lassen. Sie besteht aus industrietypischer Maschinen- und Computerhardware, aus standard Steuerungs- und Entwicklungssoftware und aus eigenentwickelter Soft- und Hardware, zur Erforschung und Erprobung spezifischer Inhalte.

Um dem bereichsübergreifenden Ansatz gerecht zu werden, verfügt die Modellfabrik über alle für die technische Auftragsabwicklung erforderlichen betrieblichen Funktionen. Diese reichen von der Entwicklung und Konstruktion über die Fertigungs- und Montageplanung sowie die Arbeitssteuerung bis zu Fertigung und Montage mit Materialfluss und Qualitätssicherung.

Die Produktionsplattform der Modellfabrik bietet die Möglichkeit, Ergebnisse von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in einem Produktionsumfeld zu verifizieren. In der Plattform sind daher unterschiedliche Produktionszellen (wie z.B. Fertigungs- oder Montagezelle) mindestens einmal real vorhanden oder können mit Hilfe von Simulationssystemen virtuell hinzugefügt werden. Die Planung und Steuerung der einzelnen Zellen sowie

## Beispielhafte Umsetzung

---

der gesamten Produktion kann von einem zentralen Ansatz, mit den Zellen als ausführenden Instanzen, bis zu einem dezentralen Steuerungskonzept mit autonomen, intelligenten Zellen skalierbar sein. Um dies zu erreichen, wird das vorgestellte Konzept eingesetzt.

In der vorliegenden Ausbaustufe der Modellfabrik sind je eine Drehbearbeitungszelle, eine Fräsbearbeitungszelle, eine Montagezelle, eine Lagereinheit sowie eine Betriebsmittelzelle und eine Qualitätssicherungseinheit integriert. Der Materialfluss wird von zwei autonomen Fahrzeugen und einem mobilen Roboter als flexible Handhabungseinheit übernommen. Diese werden von einer dezentralen Materialflussteuerung koordiniert. Die Einplanung und Vergabe von Aufträgen wird von einem Steuerungssystem mit einer Koordinierungsinstanz durchgeführt [ANSORGE 1997], das mit Hilfe der dargestellten Architektur aufgebaut ist [DECKER & GALLASCH 1996].

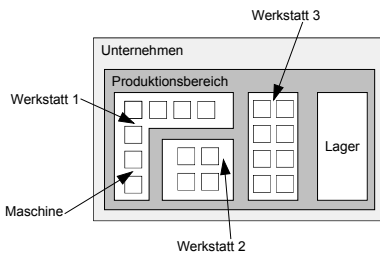


Bild 62: Modell der Beispielproduktion

In der Modellfabrik ist das vorliegende Beispiel einer Werkstattfertigung, die zentral mit einem MRP II Ansatz gesteuert wird, mit Hilfe der Simulationsumgebung virtuell nachgebildet. Für diese Produktion wird der Aufbau eines Informationssystems für die Produktionslogistik ausgeführt. Bild 62 zeigt das Modell der Beispielproduktion, die im Informationssystem beplant und gesteuert wird.

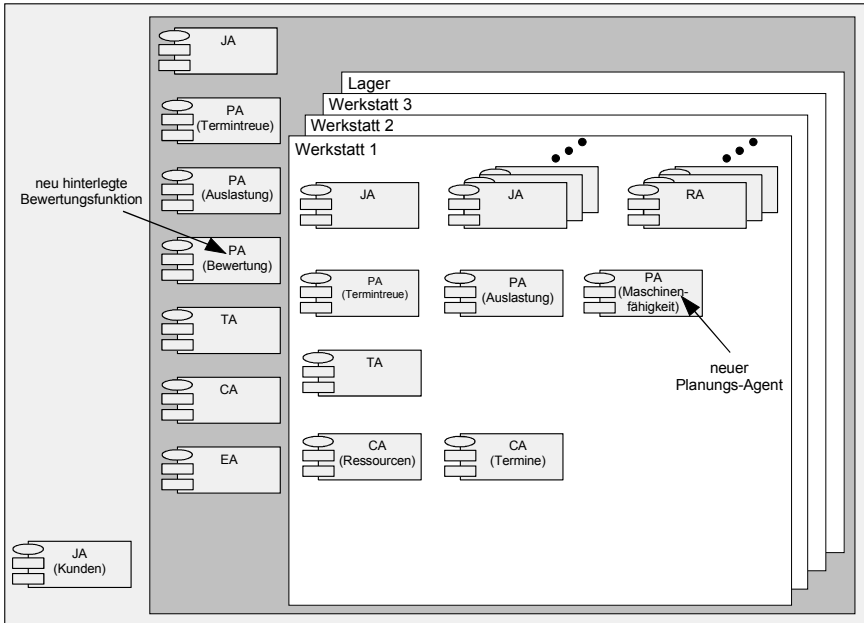
Die Anforderungen an das Informationssystem sind im Folgenden grob beschrieben:

1. Genaue Abbildung der Maschinen und der Mitarbeiter der Produktion,
2. Planung von Aufträgen zentral unter Berücksichtigung aller modellierten Ressourcen,
3. Freigabe von Aufträgen zentral bei realer oder geplanter Verfügbarkeit von Material und Ressourcen,
4. Jeder Meister hat Überblick über die Auftragslage in seiner Werkstatt,
5. Rückmeldung der Aufträge teilweise über BDE oder manuell im Meisterbüro,

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurde das in Bild 63 skizzierte Informationssystem aufgebaut. Jede Maschine besitzt eine Entsprechung im Informationssystem in Form eines

Ressourcenagenten, jeder Mitarbeiter in der Meisterei einen Aufgabenagenten. Die Werkstatt selbst stellt wiederum einen Aufgabenagenten dar, dem je ein Planungsagent für die Zielgröße Termintreue und für die Zielgröße Auslastung zur Seite steht. Zusammengefasst wird die Planung über alle Bereiche von einem Aufgabenagenten, der das Unternehmen repräsentiert und zwei Planungsagenten für die bekannten Zielgrößen und einen zur Bewertung der unterschiedlichen Planungsalternativen nutzt. Unterstützt wird dieser Aufgabenagent durch einen Technologieagenten, der die Machbarkeit von Kundenanfragen prüft, indem er Kundenanfragen mit dem Produktspektrum vergleicht. Diese Kundenanfragen werden durch einen weiteren Aufgabenagenten erzeugt und an den das Unternehmen repräsentierenden Aufgabenagenten weitergeleitet. Die Aufgabenagenten auf Werkstattebene besitzen die jeweiligen Fähigkeiten ihrer Meisterei. Der jeweilige Technologieagent löst die Stückliste auf und weist die entsprechenden Bearbeitungsschritte den Aufgabenagenten zu. Auf Werkstattebene, zu der auch das Lager zählt, in der die Ressource Material verwaltet wird, stehen jeweils Kontrollagenten zur Verfügung, die zum einen die Terminalsituation und zum anderen die Ressourcenverfügbarkeit überwachen. Auf Unternehmensebene ist ein Kontroll- und ein Störungsbehandlungs-Agent vorhanden. Der Kontrollagent wird von den verteilten Kontrollagenten bei einer auftretenden Störung informiert. Daraufhin veranlasst der Störungsbehandlungsagent eine Neuplanung der Aufträge. Die Informationsversorgung der Meister geschieht mit Gantt-Diagrammen die direkt auf die Aufgabenagenten zugreifen und ihren augenblicklichen Auftragsbestand anzeigen. Die Rückmeldung der Aufträge erfolgt direkt an die Aufgabenagenten, über eine Ankopplung der BDE-Systeme an die Kommunikationsplattform und manuell über die Nutzeroberflächen der Aufgabenagenten im Meisterbüro in Werkstatt 3.

Wird das Planungssystem um eine Zielgröße erweitert, so geschieht das durch Hinzufügen von Planungsagenten, die diese Zielgröße berücksichtigen. Soll z.B. die Maschinenfähigkeit einzelner Maschinen mit in die Planung eingehen und jeweils ein Auftrag auf einer Maschine gefertigt werden, die zuverlässiger ist und somit eine stabilere Produktion gewährleistet, so wird in jeder Werkstatt jeweils ein Planungsagent hinzugefügt, der die Maschinenfähigkeit einzelner Ressourcenagenten bewertet. Im Planungsagenten, der auf Unternehmensebene zur Bewertung der Einzelplanungen vorhanden ist, wird die Maschinenfähigkeit als subjektiver Erfolgsfaktor mit einer Bewertungsfunktion hinterlegt.



*Bild 63: Beispielhafte Anordnung der Agenten im Informationssystem*

Die Aufgabenagenten und zur Bildung von kleinen lokalen Regelkreisen nötige Kontroll- und Störungsbehandlungsagenten nutzen die Computer-Hardware der einzelnen Produktionszellen. Über das Netzwerk stehen sie mit den Planungsagenten in Verbindung, die auf leistungsstärkeren Rechnern realisiert sind, da sie Datenbanken zur Sicherung ihrer Historiedaten benötigen. Die Nutzeroberflächen können an beliebige Rechnern gestartet werden, so z.B. auf PCs in den Meisterbüros; sie haben Zugriff auf die zugeordneten Agenten.

### **8.3 Verändern von Strukturen und Steuerungsstrategien**

Das ASDIM-P-Konzept zeigt seine Vorteile, wenn Produktionssysteme verändert werden. Die beschriebene Produktion wird dazu in eine Insel, die mehrere Varianten eines Produktes produzieren kann und ein Abrufleger versorgt, und kleinere Werkstätten aufgeteilt, die

weiterhin mit dem bestehenden MRP II Mechanismus geplant werden (Bild 64). Die Aufträge für das Abruflager werden direkt bei einem externen Kunden erzeugt.

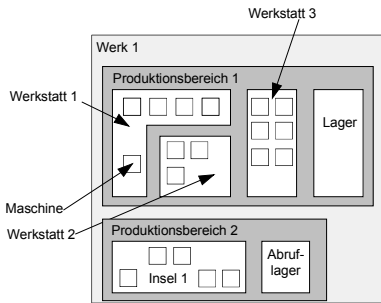


Bild 64: Geänderte Produktionsstruktur

Um diese Konstellation mit einem Informationssystem zu unterstützen, wird ein weiterer Aufgabenagent für die Insel eingefügt (Bild 65). Ihm werden einzelne Aufgaben- und Ressourcenagenten zugeordnet, die die Maschinen repräsentieren, die aus den Werkstätten zusammengezogen werden. Diese detaillierte Modellierung einer Insel muss nicht zwangsläufig vorgenommen werden, da die Agenten schon vorhanden

sind, erfolgt eine weitere Nutzung. Weiterhin wird ein Aufgabenagent für das Abruflager erzeugt, dem ein Planungsagent, der als Zielgröße den Lagerbestand pro Produktvariante hat, zur Seite gestellt wird. Zwei weitere Aufgabenagenten werden als Ebene zwischen Insel und Werkstätten eingesetzt; sie repräsentieren die unterschiedlichen Produktschienen des Unternehmens. Die Beauftragung des Unternehmens erfolgt entweder wie bisher vom Aufgabenagenten, der die Kunden darstellt oder direkt von Aufgabenagenten, die bei externen Kunden angesiedelt sind und die Anfragen und Aufträge an den das Unternehmen repräsentierenden Aufgabenagenten senden. Dieser leitet diese an die Repräsentanten der Produktschienen, dort werden sie mit Hilfe der Technologieagenten eindeutig als von der Insel, bzw. von den Werkstätten zu bearbeiten erkannt und an die Aufgabenagenten in den entsprechenden Segmenten weitergegeben. In der Werkstatt wird dabei wie beschrieben damit umgegangen. In der Insel wird der Auftrag so lange vom Abruflager versorgt, wie der Planungsagent genügend Lagerbestand registriert. Wird dieser unterschritten, gestaltet sich das Planungsergebnis schlechter und ein entsprechender Produktionsauftrag geht an den Agenten der Insel. Dort wird nicht eine detaillierte Planung vorgenommen sondern, die anstehenden Aufträge werden als Inselauftrag mit der Nutzerschnittstelle des Aufgabenagenten angezeigt.



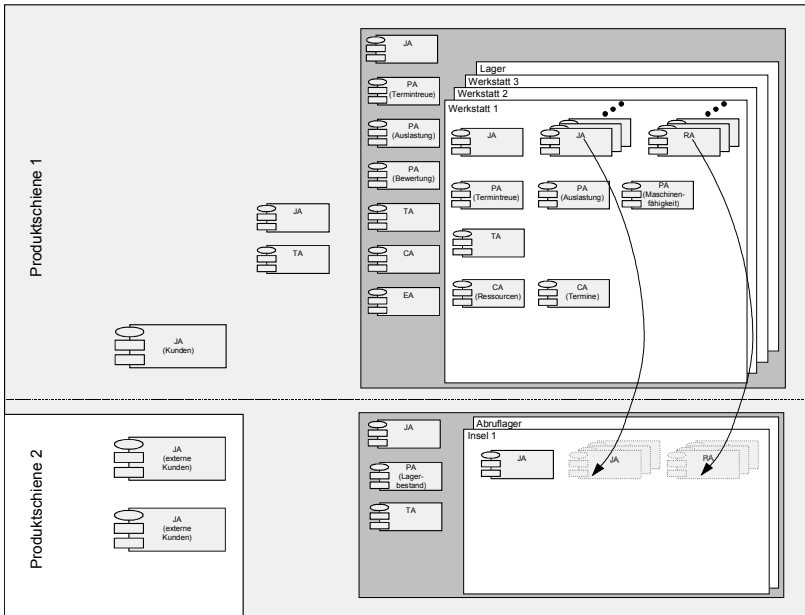


Bild 65: Geändertes Informationssystem

Die Verbindung zu den externen Kunden erfolgt über das Internet, da die CORBA Kommunikation dies unterstützt. Eine weitere Möglichkeit eine Verbindung aufzubauen, bildet die Anbindung des Informationssystems an das Internet. Dabei werden die Nutzeroberflächen als Programme, die in Web-Browsern lauffähig sind – sogenannte Java-Applets – aufgebaut. Diese greifen dann auf alle Informationen, innerhalb des Informationssystems über den Web-Server und ein Umsetzungsprogramm zu. Die Integration des Informationssystems in das Internet, zum einen über CORBA und zum anderen über einen Web-Server, ermöglicht es, die einfachen Mechanismen des Internets für eine Verteilung des Informationssystems und dadurch der Informationen zu nutzen.

## 9 Gültigkeitsbereich und Nutzenbetrachtung

### 9.1 Gültigkeitsbereich

Im vorangegangenen Kapitel wird der beispielhafte Einsatz der Architektur für ein strukturdynamisches Informationsmanagement für die Produktionslogistik innerhalb der Modellfabrik des iw b beschrieben. Das ASDIM-P-Konzept ist die grundlegende Architektur des Informationssystems in der Modellfabrik, das die Planung und Steuerung der Auftragsabläufe zur Aufgabe hat. Die leichte Erweiterbarkeit eines Informationssystems auf Basis des ASDIM-P-Konzeptes wird verdeutlicht, indem die Erweiterung der Steuerung um eine weitere Zielgröße zur Planung beschrieben wird. Durch das Beispielszenario, das eine Anpassung des Informationssystems auf Grund einer Umorganisation des zu Grunde liegenden Produktionssystems darstellt, wird die Anpassbarkeit gezeigt.

Für eine detaillierte Beschreibung des Gültigkeitsbereichs des ASDIM-P-Konzeptes, wird der mögliche Einsatz dieses Konzeptes in vier Segmente ①-④ unterteilt, wie in Bild 66 dargestellt.

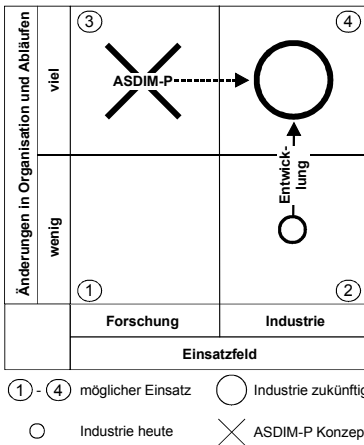


Bild 66: Klassifizierung der Einsatzfelder betrieblicher Informationssysteme

Zum einen wird hinsichtlich des Einsatzfeldes zwischen der Nutzung als Basis eines Informationssystems in Industrie und Forschung unterschieden. Damit wird eine Klassifizierung bezüglich des Risikos erreicht. In der Industrie hat ein Fehlverhalten bzw. Ausfall eines Informationssystems wesentlich gravierendere Auswirkungen als in der Forschung, da in der Industrie die Geschäftsprozesse direkt betroffen sind.

Zum anderen wird bei der Klassifizierung des Einsatzes die Häufigkeit von Änderungen in der Organisation bzw. in den

## Gültigkeitsbereich und Nutzenbetrachtung

Abläufen bewertet, da das ASDIM-P-Konzept speziell für den Fall häufiger Änderungen entwickelt ist. Eine Erweiterung des Gültigkeitsbereichs lässt sich somit durch diese Klassifizierung leicht überprüfen.

In Segment ① ist der Einsatz eines Informationssystems in der Forschung und mit wenigen Änderungen innerhalb der Abläufe einzuordnen. In Segment ② ist dagegen der Einsatz in der Industrie dargestellt. Segment ③ stellt den Einsatzfall dar, für den das ASDIM-P-Konzept konzipiert ist, d.h., es ist für den Einsatz in der Forschung entwickelt, wobei viele Änderungen in Organisation und Abläufen berücksichtigt werden. Segment ④ stellt den zukünftigen Einsatzfall von Informationssystemen in der Industrie dar, wie in Kapitel 1 und 2 aufgezeigt. Aus dieser Einordnung lässt sich ableiten, dass das ASDIM-P-Konzept als Geltungsbereich den Einsatz in der Forschung hat. Damit können die Auswirkungen neuer Paradigmen auf betriebliche Abläufe untersucht oder Forschungen hinsichtlich Organisations- oder Ablaufänderungen durchgeführt werden. Zur Erweiterung des Geltungsbereichs um den Einsatz in der Industrie sind die im Folgenden erläuterten Schritte erforderlich.

Wie in Bild 67 dargestellt, gibt es zwei mögliche Wege, um ein Informationssystem vom

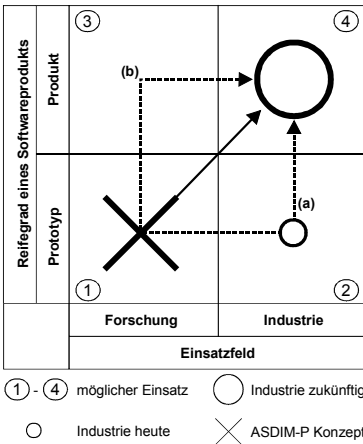


Bild 67: Entwicklung vom Forschungssystem zum Einsatz in der Industrie

Prototyp für Forschungszwecke zum industrietauglichen Produkt zu entwickeln. Der Einsatz des Prototypen in der Industrie und dessen Weiterentwicklung (a) stellt dabei den Weg mit erhöhtem Risiko dar, da ein Informationssystem mit zu geringen Reifegrad zum produktiven Einsatz kommt. Beim Vorgehen (b) wird in der Forschung ein reifes Produkt entwickelt und erst dann in der Industrie eingesetzt. Der vermeintliche Vorteil von (a) gegenüber dem Weg (b) ist, dass aktuelle Anforderungen in die Weiterentwicklung eingehen und somit nicht am Einsatzfall vorbei entwickelt wird. Diesem möglichen

Problem kann allerdings durch einen entsprechenden Softwareentwicklungsprozess mit Anforderungsmanagement entgegengewirkt werden.

Zusammenfassend kann der augenblickliche Gültigkeitsbereich des ASDIM-P-Konzeptes als Basis von logistischen Informationssystemen in der Forschung beschrieben werden. Dabei können vor allem immer wieder geänderte Organisationen und Abläufe aufgebaut und untersucht werden. Für den Einsatz in der Industrie ist jedoch noch die Entwicklung eines sicheren und reifen Produktes aus dem ASDIM-P-Konzept erforderlich.

### 9.2 Nutzenbetrachtung

Um den wirtschaftlichen Nutzen beim Aufbau betrieblicher Softwaresysteme zu untersuchen wird die Nutzung des ASDIM-P-Konzeptes den heute bestehenden Lösungen mit Standardsoftwaresystemen, die zur Bewältigung logistischer Aufgaben verwendet werden, gegenübergestellt. Beim Aufbau betrieblicher Softwaresysteme kann immer auf einen Teil standardisierter und in Standardsoftware bereits vorhandener Abläufe zurückgegriffen werden. Zudem sind meist auch Individual-Abläufe notwendig, um Geschäftsprozesse abzubilden.

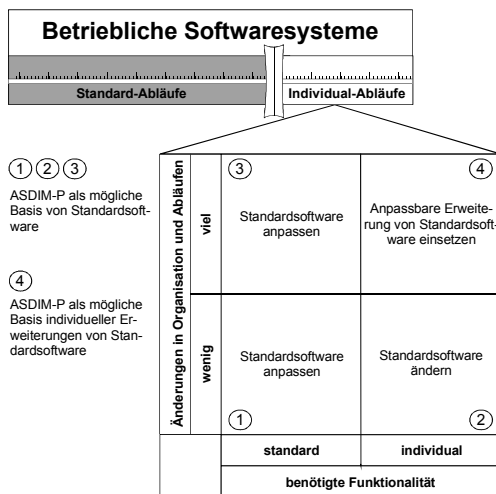
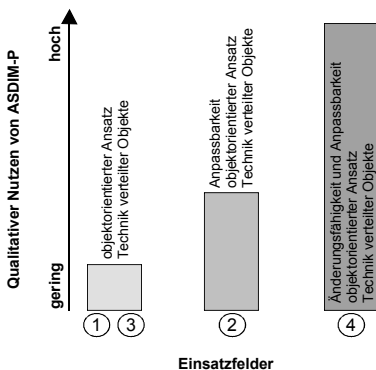


Bild 68: Mögliche Einsatzfelder des ASDIM-P-Konzeptes

Individual-Abläufe können dabei entweder mit Hilfe von standardisierter Funktionalität aufgebaut werden oder die den Abläufen zu Grunde liegenden Funktionen stellen individuelle Entwicklungen dar (Bild 68). Zudem ist beim entsprechenden Einsatzfall zu überprüfen, wie häufig Änderungen in Aufbau- und Ablauforganisation vorkommen und inwieweit diese Änderungen Einfluss auf die Softwaresysteme haben. Mögliche Einsatzgebiete des ASDIM-P-Konzeptes sind die Sektoren ① ② ③ dar, wenn ASDIM-P die Basis von Standardsoftware darstellt. Der größte Nutzen durch das ASDIM-P-Konzept und damit das effektivste Einsatzfeld dieses Konzeptes wird erreicht, wenn es als Basis individueller Software in einem Umfeld mit vielen Änderungen in Organisation und Abläufen genutzt wird ④.

Der qualitative Nutzen des ASDIM-P-Konzeptes (Bild 69) ergibt sich dabei in den Einsatzfeldern ① und ③ aus der Nutzung des objektorientierten Ansatzes (Kap. 5.2) und der Technik der verteilten Objekte (Kap. 5.3). Im Einsatzfeld ② erhöht die konzeptbedingte



Anpassbarkeit zusätzlich den möglichen Nutzen. Da das Entwicklungsszenario für das ASDIM-P-Konzept der Einsatz als Basis anpassbarer Software ④ ist, bietet dieser Einsatzfall das meiste Nutzenpotential, indem Änderungsfähigkeit und Anpassbarkeit maximal genutzt werden. Ein quantitativer absoluter Nutzen des ASDIM-P-Konzeptes beim Aufbau von betrieblichen Softwaresystemen zur Steuerung der logistischen Abläufe kann nur am konkreten Einsatzfall bewertet werden.

Bild 69: Qualitativer Nutzen des ASDIM-P Konzeptes

### 10 Zusammenfassung und Ausblick

Viele Unternehmen versuchen durch organisatorische Maßnahmen auf die höheren Anforderungen aufgrund der Dynamik des Unternehmensumfeldes zu reagieren. Eine Umorganisation wie zum Beispiel eine stärkere Dezentralisierung führt oft zu Problemen mit der bestehenden informationstechnischen Infrastruktur. Zum einen ist diese auf bestehende Geschäftsprozesse zugeschnitten und oft als monolithisches und wenig flexibles Informationssystem aufgebaut. Zum anderen sind Auswertungen nicht leicht an spezifische Belange anpassbar, was zu einer Ablehnung der Systeme bei den Mitarbeitern führt. In der Folge setzen Unternehmen nur eine minimale informationstechnische Unterstützung basierend auf Standardsystemen ein oder verzichten auf diese Art der Unterstützung in dezentralen Einheiten, in welchen im Besonderen eine individuelle Ausprägung der Informationssysteme gefordert ist. Somit verzichten sie auf eine optimale Nutzung der Ressource Information. Die richtigen Entscheidungen im Unternehmen können aber nur auf der Basis einer angepassten, strukturierten und zeitoptimierten Informationsbereitstellung getroffen werden.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, eine informationstechnische Architektur (ASDIM-P) zu definieren, die es erlaubt, notwendige Strukturierungsmaßnahmen im Unternehmen durchzuführen und schnell und effizient Informationssysteme für die Produktionslogistik, basierend auf diesen Strukturen auf- und umbauen zu können.

Dazu gibt das Konzept eine klar gegliederte Architektur der Informationsinfrastruktur vor und erleichtert die Betreuung und Weiterentwicklung von Informationssystemen auf dieser Basis. Weiterhin wird die Aufgabe unterstützt, den Einsatz von Informationssystemen in der Produktionslogistik zu vereinfachen, dadurch, dass ein effizienter Aufbau und eine einfache Integration von spezifischen, auf Nutzergruppen zugeschnittenen Auswertungen und Oberflächen möglich ist. Durch die mögliche Integration von wechselnden Steuerungsparadigmen sowie von räumlichen und organisatorischen Strukturen in die Modellierung der Informationstechnik wird die Grundlage geschaffen, dass die Produktionslogistik der erweiterten Aufgabe gerecht wird, nicht nur die Produktion optimal zu steuern, sondern auch ihren Aufbau bedarfsgerecht zu überwachen und gegebenenfalls zu ändern.

Das Konzept verfolgt eine konsequente Umsetzung der komponentenbasierten Softwareentwicklung mit Hilfe der Technologie der verteilten Objekte und dem Einsatz von einheitlichen Agenten zur Erfüllung von Aufgaben und zum Durchführen von Auswertungen. Das auf CORBA aufbauende Konzept bietet den Vorteil, dass die Agenten und Auswerteprogramme leichter wiederverwendet werden können. Ein Planungsmodul, das ursprünglich zur Planung eines Unternehmens bezüglich einer Zielgröße eingesetzt wurde, kann innerhalb von Produktionszellen zur lokalen Planung verwendet werden. Ebenso kann ein Gantt-Chart zur Visualisierung lokaler Zellaufträge genutzt werden, das gleiche Diagramm kann zur Darstellung aller im Unternehmen befindlichen Aufträge herangezogen werden. Das Konzept bietet somit durch die Wiederverwendung von Objekten und Applikationen einen entscheidenden Kosten- und Qualitätsvorteil bei der Entwicklung von Steuerungs- und von Auswertesoftware im Unternehmen.

Weitere Entwicklungspotentiale für das vorgestellte Konzept liegen zum einen in der Verfeinerung der Technologieagenten. Eine Methodik, die automatisiert die Fähigkeit herausfindet, die für die Herstellung eines benötigten Features genutzt werden kann, erlaubt es, wesentlich störungstolerantere Produktionssysteme aufzubauen, da zur Steuerung der Abläufe mehr Freiheitsgrade bestehen. Zum anderen bietet die Aufbereitung der in den Planungsagenten gespeicherten Informationen zu Wissen, das im Unternehmen genutzt werden kann, die Möglichkeit eine lernende Organisation bezüglich der Produktionslogistik aufzubauen.

Eine Erweiterung von Informationssystemen auf ein unternehmensübergreifendes Netzwerk von Kunden und Lieferanten ist aus methodischer und technischer Sicht durch das Konzept abgedeckt. Es gibt in diesem Zusammenhang noch offene Fragen, die die Absicherung von rechtlichen bis hin zu sicherheitsrelevanten Belange einer solchen Erweiterung beinhalten. Diese müssen für die Zukunft geklärt werden, um das vorgestellte Konzept als Basis eines unternehmensübergreifenden Informationsmanagementsystems einsetzen zu können.

Auch eine Übertragung dieses Konzeptes auf Ebene der Maschinensteuerungen ist vorstellbar. Es werden in diesem Bereich ebenso Abläufe gesteuert oder neue Planungsmethoden hinzugefügt, beispielsweise zur Bahnberechnung von NC Bearbeitungen. Weiterhin werden Maschinen umgebaut oder es werden Varianten von Maschinen aufgebaut. Zwar

## **Zusammenfassung und Ausblick**

---

liegen die Zeitanforderungen bei diesen Anwendungen im Echtzeitbereich, was mit der vorgestellten Architektur und Kommunikation nicht realisiert werden kann, von Seiten der Softwareentwicklung könnten aber die gleichen Vorteile durch den Einsatz von standardisierten, leicht austauschbaren Agenten und Programmbausteinen erzielt werden.



### 11 Literatur

ADELSBERGER & KÖRNER 1998

Adelsberger, H.; Körner, F.: Modellierung / Informationssysteme. Essen: GH-Essen 1998. (Vorlesungsskriptum)

AHLERS 1994

Ahlers, R.: Informationslogistik in örtlich verteilten Prozessen zur Fertigung von Unikaten. Bremen: Universität Bremen 1994.

ANSORGE 1997

Ansorge, D.: Beherrschung flexibler Abläufe durch dezentrale Leittechnik. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF) 92 (1997), S. 514-517.

AUPERLE 1997

Auperle, G. u.a.: PPS und Leitstand, Der Leitstand: Werkzeug für dezentrale Organisationsformen? In: PPS Management 1997. Stuttgart: GITO 1997, P 16-P 18.

BAKER 1991

Baker, A.D.: Manufacturing Control with a Market-Driven Contract Net, PhD Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, 1991.

BAKER 1995

Baker, A.D.: Agility and Factory Performance from an Autonomous-Agent Architecture. In: Proceedings to the 4th Annual Agility Forum Conference. Atlanta, GA March 7-9, 1995, S. 354-367.

BALDI & GMIKOWSKY 1997

Baldi S. u. Gmilkowsky P.: Modeling distibuted production control using an integrated multiagent and discrete event simulation approach. Ilmenau: Oestrich-Winkel 1997.

BARBUCEANU & FOX 1994

Barbuceanu, M.; Fox, M.S.: The Information Agent: An Infrastrukture Agent Supporting Collaorative Enterprise Architectures. Toronto: University of Toronto, Enterprise Integration Laboratory 1994

BARTSCH & DENERT 1993

Bartsch, W.; Denert, E.: Objektorientierte Spezifikation: Konzepte und eine Notation. In: Objektorientierte Methoden für Informationssysteme, Informatik aktuell 1993.

### BECKER 1995

Becker, J. u.a.: Koordination verteilter Objekte in der PPS. In: CIM Management 11 (1995), S. 27-29.

### BOROWSKY U.A. 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.

### BOSSEL 1994

Bossel, H.: Modeling and Simulation. Wiesbaden: Vieweg 1994.

### BRAUER 1984

Brauer, W.: Automatentheorie. Stuttgart: Teubner 1984.

### BREU & GROSU 1997

Breu, R.; Grosu, R.: Modeling the Dynamic Behavior of Objects on Events, Messages and Methods. In: Proceedings of Euro-Par'97, Third International Euro-Par Conference 1997.

### BREU U. A. 1997

Breu, R. u. a.: Towards a Formalization of the Unified Modeling Language. München: TU München, Institut für Informatik 1997.

### BROMBACHER 1991

Brombacher, R.: Effizientes Informationsmanagement - die Herausforderung von Gegenwart und Zukunft. In: Jacob, H. (Hrsg.): Integrierte Informationssysteme. Wiesbaden: Vieweg 1991, S. 111-134.

### BROY 1992

Broy, M.: Towards a Formal Foundation of the Specification and Description Language SDL. In: Formal Aspects of Computing 3,1992, S. 21-57.

### BROY 1995

Broy, M.: Mathematical System Models as a Basis of Software Engineering. In: Computer Science Today, Lecture Notes of Computer Science 1000. Berlin, Heidelberg: Springer 1995.

## Literatur

---

BROY 1996

Broy, M.; Klein, C.; Rumpe, B.: A stream-based mathematical model for distributed information processing systems - SysLab system model -. In: FMOODS'96 Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems. ENST France Telecom 1996, S. 323-338.

BÜDENBENDER 1991

Büdenbender, W.: Ganzheitliche Produktionsplanung und -steuerung. Berlin: Springer 1991.

BÜRCEL 1998

Bürgel, S.: Materialfluss und Produktionslogistik. München: TU-München 1998.

BURKERT 1995

Burkert, B.: Ein Framework generischer objekt-orientierter Basiskonzepte zur Werkzeug-Integration in unterschiedliche konzeptionelle Datenmodelle, Dissertation, Paderborn, 1995.

CCITT 1988

CCITT Recommendation Z.100: Specification and Description Language SDL, Annexes A-F to Z.100. Geneva, 1988. (Blue Book, Volume VI.20 - VI.24, ITU, General Secretariat- Sales Section, Places des Nations, CH-1211 Geneva 20).

CHEN 1976

Chen, P.P.: The Entity-Relationship Model - towards a unified View of Data. In: ACM Transaction of database Systems, Vol. 1, No. 1, 1976, S. 9-36.

CIMOSA 1991

ESPRIT Consortium AMICE (Hrsg.): Open System Architecture for CIM, CIM-OSA AD 1.0, Architecture Description. Brussels, 1991. (ESPRIT - Project 688, Project 2422, Project 5288).

DAENZER 1994

Daenzer, W. F. (Hrsg.); Haberfellner, R.: Systems Engineering – Methodik und Praxis. 8. verbesserte Auflage. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 1994.

DAHLKE 1996

Dahlke, V.: Modellbasierte Arbeitsplanung und -steuerung in Teilautonomen Flexiblen Fertigungsstrukturen. Bochum: Dissertation Ruhr-Universität Bochum 1996.

## Literatur

---

DANGELMAIER & WIEDENMANN 1993

Dangelmaier, W.; Wiedenmann, H.: Modell der Fertigungssteuerung. Hrsg.: Warnecke, H.J.; Schuster, R.; Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Berlin: Beuth 1993.

DAVIS 1993

Davis, T.: Effective Supply Chain Management. In: Sloan Management Review 1993, o. O., S. 35-46.

DECKER & GALLASCH 1996

Decker, F.; Gallasch, A.: Information macht Dynamik erst möglich. In: Logistik Heute 8 (1996), S. 42 - 44.

DEMARCO 1978

DeMarco, T.: Structured Analysis and System Specification. Englewood Cliffs 1978.

DETAND 1993

Detand, J.: A computer aided process planning system generating non-linear process plans. Ph.D. Thesis, Katolieke Universiteit Leuven 1993.

DETAND U.A. 1990

Detand, J.; Kruth, J.P.; Kempnaers, J.; Kreutzfeld, J.: The generation of non-linear process plans. In: Proceedings of the 22<sup>nd</sup> CIRP International Seminar on Manufacturing Systems. Enschede 1990.

DIN 8580

DIN 8580: Fertigungsverfahren; Begriffe; Einteilung. Berlin: Beuth Verlag 1974

DIN 8593

DIN 8593: Fertigungsverfahren Fügen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe. Berlin: Beuth-Verlag 1985.

DÖMER & KRÖGER 1997

Dömer, F.; Kröger, C.: Individual goes Standard. Trends in der Softwareentwicklung. In: Computerwoche focus 5 (1997). S. 4-7.

DUFFIE U.A. 1986

N.A. Duffie, R.S. Piper, B.J. Humphrey, and J.P. Hartwick, Jr., "Hierarchical and Non-Hierarchical Manufacturing Cell Control with Dynamic Part-Oriented Scheduling," in 14th NAMRC: North American Manufacturing Research Conference Proceedings, Minneapolis, MN, May 28-30, 1986, pp. 504-507.

## Literatur

---

EIDENMÜLLER 1995

Eidenmüller, B.: Die Produktion als Wettbewerbsfaktor: Herausforderung an das Produktionsmanagement. Zürich: Verl. Industrielle Organisation. Köln: Verl. TÜV Rheinland 1989.

EVERSHEIM 1996

Eversheim, W.; Schuh, G.: Betriebshütte - Produktion und Management Teil 2. 7. Auflage. Berlin: Springer 1996.

FAHRWINKEL 1995

Fahrwinkel, U.: Methoden zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 1, Paderborn 1995.

FAISST 1994

Faisst, R.: Musterpflichtenheft PPS- und Logistik-Systeme. Renningen-Malmsheim: Expert 1994.

FERSTL & SINZ 1991

Ferstl, O.K.; Sinz, E.J.: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. München-Wien: Oldenbourg 1993.

FININ U.A. 1993

Finin, T.; Weber, J.; Wiederhold, G.; Genesereth, M.; Fritzson, R.; McKay, D.; McGuire, J.; Pelavin, R.; Shapiro, S.; Beck, C.: Specification of the KQML Agent-Communication Language. The DARPA Knowledge Sharing Initiative, External Interfaces Working Group. Baltimore: University of Maryland 1993.

FLECKNER 1995

Fleckner, U.: Abbild und Abstraktion. Mainz: Verlag Philipp von Zabern 1995.

FOX 1993

Fox, M. S.: The Integrated Supply Chain Management System. Toronto 1993.

GALLASCH & GÖTTE 1996

Gallasch, A.; Götte, H.: Durchsetzung in der operativen Ebene. In: Wiendahl, H.-P. Hrsg.: Erfolgsfaktor Logistikqualität: Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. Springer: Berlin 1996.

GALLASCH 1996

Gallasch, A.: Logistik und Qualitätsmanagement. In: R. Hossner Hrsg.: Jahrbuch der Logistik, 10. Jg. Düsseldorf: Verlagsgruppe Handelsblatt 1996, S. 165 - 167.

## Literatur

---

GAUSEMEIER & FINK 1999

Gausemeier, J.; Fink, A.: Führung im Wandel. Ein ganzheitliches Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung - Von der Vision zum Erfolg. München: Hanser 1999.

GEHNEN 1999

Gehnen, G.: Integriertes Netzwerk zur Fertigungssteuerung und -automatisierung. HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 56, Paderborn 1999.

GERDES 1997

Gerdes, K.-H.: Architekturkonzeption für Fertigungsleitsysteme der flexibel automatisierten Fertigung. HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 24, Paderborn 1997.

GFALLER 1998

Gfäller H: KOMPONENTEN - FEATURES Handbuch für verteilte Datenverarbeitung. Komponenten - Projekte scheitern an der Planung, nicht an der Technik. In: Computerwoche 24 (1998), S. 22

GILBERT 1997

Gilbert, D.: Intelligent Agents: The Right Information at the Right Time (IBM Intelligent Agent White Paper). IBM Corporation Resaerch Triangle Park, NC USA 1997.

HACKSTEIN 1989

Hackstein, R.: Produktionsplanung und -steuerung (PPS). 2. Aufl. VDI. Düsseldorf 1989

HATVANY 1985

Józef Hatvany, "Intelligence and Cooperation in Heterarchic Manufacturing Systems," Robotics & Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 2, No. 2, 1985, pp. 101-104.

HAUTZ 1993

Hautz, E.: PPS und Logistik, zukünftig ein Widerspruch? IFA-Kolloquium „Neue Wege der PPS“. Hannover 1993.

HEINEN 1991

Heinen, E.: (Hrsg.): Industriebetriebslehre. 9. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 1991.

HEINRICH & BURGHOLZER 1990

Heinrich, L. J.; Burgholzer, P.: Informationsmanagement: Planung Überwachung und Steuerung der Informations-Infrastruktur. 3. Auflage. München: Oldenbourg 1990.

## Literatur

---

HENN & KÜHNLE 1996

Henn, G.; Kühnle, H.: Fabrikplanung - Strukturplanung. In: Eversheim, W.; Schuh, G.: Betriebshütte - Produktion und Management Teil 2. 7. Auflage. Berlin: Springer 1996.

HEUER-HASENPATT U.A. 1997

Heuer-Hasenpatt, H.; Hollunder, B.; Kittlaus, H.-B.; Schumacher, N.: Bausteinorientierte Anwendungsentwicklung. Nachdruck aus OBJEKTspektrum 3 (1997).

HINKEL & SPIES 1997B

Hinkel, U.; Spies, K.: Spezifikationsmethodik für mobile, dynamische Focus-Netze. In: Formale Beschreibungstechniken für verteilte Systeme, GI/ITG-Fachgespräch 1997, Lecture Notes in Computer Science. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag 1997.

HINKEL U.A. 1997A

Hinkel, U.; Brey, R.; Hofmann, C.; u.a.: Towards a Formalization of the Unified Modeling Language. In: Proceedings of ECOOP'97 Workshop on Precise Semantics, Technical for Object-Oriented Modeling Techniques. München: TU München 1997. (Report TUM-I 9725)

HORN 1993

Horn, E. u.a.: Objektorientierte Software-Konstruktion. München, Wien: Hanser 1993.

HORNBOSTEL 1995

Hornbostel, D.: Methode zur Modellierung der Informationsverarbeitung in Industrieunternehmen. HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 2, Paderborn 1995

HORNUNG U.A. 1994

Hornung, V. u.a.: Aachener PPS-Modell – Das Aufgabenmodell. Sonderdruck 6/94 des Forschungsinstituts für Rationalisierung an der RWTH Aachen (Hrsg.). Aachen 1994.

HORVÁTH & KAUFMANN 1998

Horváth, P.; Kaufmann, L.: Balanced Scorecard – ein Werkzeug zur Umsetzung von Strategien. In: Harvard Businessmanager 5 (1998), S. 39-48.

ICAM 1981

U.S. Air Force (Hrsg.): Integrated Computer Aided Manufacturing (ICAM), Architecture Part II, Vol. V - Information Modeling Manual (IDEF), AFWAL-TR-81-4023, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1981.

## Literatur

---

JÜRGING 1995

Jürging, C.- P.: Rechnergestützte Auftragsabwicklung in dezentralen Produktionsbereichen. Düsseldorf: VDI Verlag 1995.

KAPLAN & NORTON 1996

Kaplan, R. S.; Norton, D. P.: The Balanced Scorecard – Translating Strategy into Action. Boston: 1996.

KLEIN U.A. 1995

Klein, C.; Rumpe, B.; Broy, M.: Ein strombasiertes mathematisches Modell verteilter informationsverarbeitender Systeme. München: TU München 1995. (Technical Report TUM-I 9510)

KLEIN U. A. 1997

Klein, C. u. a.: A stream-based mathematical model for distributed information processing systems – SYSLAB system model -. Institut für Informatik: TU München ca. 1997. (Veröffentlicht in: FMOODS'96 (Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems) Workshop als report ENST 96S001 by ENST France Telecom, pages 323-338. Editors: Elie Najim and Jean-Bernard Stefani.).

KLEIN U.A. 1997A

Klein, C.; Prehofer, C.; Rumpe, B.: Feature Specification an Refinement with State Transition Diagrams. In: Fourth IEEE Workshop on Feature Interactions on Software Technology and Engineering Practice STEP'97, S.382-389, IEEE Computer Society 1997.

KOETHER 1993

Koether, R.: Technische Logistik. München-Wien: Hanser Verlag 1993.

KRAICHGAUER 1995

Kreichgauer, O.: Quantitatives dynamisches Modell zur Simulation von Systembelastungen in Luftverkehrsabläufen. München: Herbert Utz Verlag 1995.

KRAUSE 1997

Krause, H.: Flexibel anpassbare Softwaresysteme zur rechnerunterstützten Fertigungssteuerung. TU-Berlin Berlin 1997. (Spur, G. (Hrsg.): Berichte aus dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin).

KRÜGER & PFEIFFER 1990

Krüger, W.; Pfeiffer, P.: Informationsmanagement zur Unterstützung der Wettbewerbsstrategie. In: Hahn, D. (Hrsg.): Strategische Unternehmensplanung, Strategische Unternehmensführung: Stand und Entwicklungstendenzen. 5. Auflage. Heidelberg: Springer 1990, S. 504 – 526.



## Literatur

---

KRUTH U.A. 1994

Kruth, J.P.; Detand, J.; Van Zeir, G.; Kempenaers, J.; Pinte, J.: Opportunistic Process Planning: a knowledge based technique for CAPP applications. 14<sup>th</sup> ASME int. Computers in Engineering Conference. Minneapolis 1994.

KUBA 1997

Kuba, R.: Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion. Berlin: Springer, 1997. (iwb Forschungsberichte 110).

LOEPER 1995

Loeper, S: Kennzahlengestütztes Beratungssystem zur Verbesserung der Logistikleistung in der Werkstattfertigung. Karlsruhe: Dissertation an der TH-Karlsruhe 1995.

MATT 1998

Matt, D.: Objektorientierte Prozess- und Strukturinnovation (OPUS) Methode und Leitfaden zur Steigerung der Produktivität indirekter Leistungsprozesse. Dissertation Universität Karlsruhe (wbk) 1998.

MEYER 1990

Meyer, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. Hanser: München, Wien 1990.

MILBERG 1997

Milberg, J.: Produktion - eine treibende Kraft für die Volkswirtschaft. In: Reinhart, G.; Milberg, J. (Hrsg.): Mit Schwung zum Aufschwung: Information - Innovation - Inspiration, Münchener Kolloquium '97, Landsberg/Lech: moderne industrie 1997, S. 17-40.

MÜLLER 1993

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

MÜLLER 1997

Keine leere Hülle mehr. Corba-Standard für verteilte Anwendungen mausert sich. In: Computerwoche Extra 2 (1997) Sonderdruck.

NEDELJKOVIC-GROHA & KAHLBERG 1993

Nedeljkovic-Groha, V., Kahlenberg, R.: Methoden der technischen Qualitätssicherung - Übertragung und Anwendung auf logistische Fragestellungen. In: "Qualitätsmanagement der Logistik", Stuttgart. München: gfmt 1993. S. 316-347.

### OMG 1996

OMG: Manufacturing Enterprise Systems. A White Paper by the Object Management Group's Manufacturing Special Interest Group. Version 1.0. OMG Document: mfg/96-01-02. Object Management Group 1996.

### OMG 1997

OMG: A Discussion of the Object Management Architecture. Object Management Group 1997.

### OMG 1998

OMG: Corba V2.2. Overview. OMG Document: 98-02-42. Object Management Group 1998.

### OMG 1998A

OMG: PDM Enablers. Joint Proposal to the OMG in Response to OMG Manufacturing Domain Task Force RFP 1. OMG Document: mfg/98-02-02. Object Management Group 1998.

### OMG 1998B

OMG: Release for Production. Request For Proposal. OMG Document: mfg/98-07-05. Object Management Group 1998.

### OMG 1999

OMG: Final Report of the Product Data Management Revision Task Force to the Domain Technical Committee of the Object Management Group Release for Production. Request For Proposal. OMG Document: dtc/99-02-01. Object Management Group 1999.

### ÖSTERLE U.A. 1992

Österle, G.; Brenner, W.; Hilbers, K.: Unternehmensführung und Informationssystem. 2. Auflage Stuttgart: Teubner 1992.

### PAECH & RUMPE 1997

Paech, B.; Rumpe, B.: State Based Service Description. In: Fromal Methods for Open Object-based Distributed Systems, Chapman-Hall, 1997.

### PAPE 1990

Pape, D.: Logistikgerechte PPS-Systeme: Konzeption, Aufbau, Umsetzung. Köln: TÜV Rheinland 1990.

### PENZ 1996

Penz, T.: Wechselwirkungen technischer und logistischer Produktionsprozesse und ihre Auswirkung auf das Qualitätsmanagement. VDI: Düsseldorf 1996.

## Literatur

---

PFEIFFER 1990

Pfeiffer, P.: Technologische Grundlage, Strategie und Organisation des Informationsmanagements. Berlin: Springer 1990.

PFOHL 1996

Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlage. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag 1996.

PHILIPPS & RUMPE 1997A

Philipps, J.; Rumpe, B.: Refinement of Information Flow Architectures. In: Proceedings ICFEM'97, IEEE Computer Society, 1997.

PHILIPPS & RUMPE 1997B

Philipps, J.; Rumpe, B.: Stepwise Refinement of Data Flow Architectures. In: Software Architecture and Design Patterns in Business Applications. München: TU München 1997. (Technical Report TUM-I 9746)

PICOT U.A. 1998

Picot, A.; Reichwald, R.; Wigand, R.: Die grenzenlose Unternehmung. 3. Auflage, Wiesbaden: Gabler, 1998.

PISCHELTSRIEDER 1996

Pischeltsrieder, K.: Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion. Berlin: Springer, 1993. (iwv Forschungsberichte 102).

RAUH 1990

Rauh, O.: Informationsmanagement im Industriebetrieb: Lehrbuch der Wirtschaftsinformatik auf der Grundlage der Integrierten Datenverarbeitung. Herne: Gabler 1990.

RAUTENSTRAUCH 1993

Rautenstrauch, C.: Integration Engineering, Konzeption, Entwicklung und Einsatz integrierter Softwaresysteme. Bonn, Paris: Addison-Wesley, 1993.

REINHART & ANSORGE 1997

Reinhart, G.; Ansoerge, D.: Beherrschung flexibler Abläufe durch dezentrale Leittechnik. In: ZWF CIM 10/97. München: Hanser, 1997.

REINHART 1997

Reinhart, G.: Innovative Prozesse und Systeme - Der Weg zu Flexibilität und Wandlungsfähigkeit. In: Reinhart, G.; Milberg, J. (Hrsg.): Mit Schwung zum Aufschwung: Information - Innovation - Inspiration, Münchener Kolloquium '97, Landsberg/Lech: moderne industrie 1997, S. 173-202.

## Literatur

---

REINHART & GALLASCH 1998

Reinhart, G.; Gallasch, A.: Vom der innerbetrieblichen Produktionslogistik zum Supply Chain Management. In: iwb newsletter 6 (1998) 3. Utz: München, S. 1 - 2.

REINHART U.A. 1998

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

REISCH U.A. 1991

Reisch, S.; Lutze, F.W.; Mertins, K.; Albrecht, R.: Industrielle Softwareproduktion für die Fertigungsleittechnik. Zeitschrift für wissenschaftliche Fertigung und Automatisierung ZWF/CIM, Band 86 (1991)2, S. 65-69

REISIG 1986

Reisig, W.: Petrinetze - Eine Einführung. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag 1986.RUMBAUGH 1992.

RUMPE 1996

Rumpe B.: Formale Methodik des Entwurfs verteilter objektorientierter Systeme. Dissertation TU-München. Utz 1996.

SAMES & BÜDENBENDER 1993

Sames, G.; Büdenbender,W.: Das morphologische Merkmalsschema. FIR-Sonderdruck 1/90. 2. Aufl. Aachen 1993.

SCHEER 1991

Scheer, A.-W.: Fertigungssteuerung. München-Wien: Oldenbourg Verlag 1991.

SCHEER 1994

Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 6. Auflage. Berlin: Springer 1995.

SCHEER 1996

Scheer, A.-W.: Informationsmangement im Betrieb - Informationsmanagement als betriebliche Querschnittsfunktion. In: Eversheim, W.; Schuh, G.: Betriebshütte - Produktion und Management Teil 2. 7. Auflage. Berlin: Springer 1996.

SCHMID 1995

Schmid, H. A.: Entwurf eines objektorientierten Baukastens zur Steuerung von Fertigungsanlagen. In: Informatik Spektrum 18, Berlin: Springer, 1995. S. 211-221.

## Literatur

---

SCHMIDT 1996

Schmidt, B.-C.: Integration von Arbeitsplanung und Fertigungssteuerung mit Netzarbeitsplänen. Düsseldorf: VDI Verlag 1996.

SCHNIEDER 1992

Schnieder, E.: Petri-Netze in der Automatisierungstechnik. München-Wien: Oldenbourg 1992.

SCHOMBURG 1980

Schomburg, E.: Entwicklung eines betriebstypologischen Instrumentariums zur systematischen Ermittlung der Anforderungen an EDV-gestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im Maschinenbau. Diss. RWTH Aachen 1980.

SCHRÖDEL 1992

Schrödel, O.: Flexible Werkstattsteuerung mit objektorientierten Softwarestrukturen. München-Wien: Hanser 1992.

SDL 1985

Second SDL Users and Implementors Forum. Helsinki: Finnish PTT 1985.

SELIC 1993

Selic, B.: An efficient object-oriented variation of the statecharts formalism for distributed real-time systems. In: CHDL '93: IFIP Conference on Hardware Description Languages and their applications. Ottawa 1993.

SELIC 1994

Selic, B.: Real-Time Object-Oriented Modeling. John Wiley & Sons, New York Cichester Brisbane u.a., 1994.

SIMON 1994

Simon, D.: Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung und logistisches Störungsmanagement. Berlin: Springer, 1994. (iwb Forschungsberichte 85).

SINZ & FERSTL 1997

Sinz, E. J. u. Ferstl, O. K.: Flexible Organizations Through Object-oriented and Transaction-oriented Information Systems. In: Bamberger Beiträge zur Wirtschaftsinformatik Nr. 37. Bamberg, 1997, S. 1–25.

SMITH 1988

Smith, R.G.: The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver. In: Bond, A.H. (Hrsg.); Gasser, L. (Hrsg.): Readings in Distributed Artificial Intelligence. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1988, S. 357-366.

## Literatur

---

### SPUR 1993

Spur, G.; Mertins, K.; Jochem, R.: Integrierte Unternehmensmodellierung. 1. Auflage. Berlin: Beuth 1993.

### STADTLER 1993

Stadtler, H. u.a.: Einsatz von Fertigungsleitständen in der Industrie, CIM Management 9, 1993.

### STIEFBOLD 1998

Stiefbold, O.: Konzeption eines reaktionsschnellen Planungssystems für Logistikketten auf Basis von Software Agenten. Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik Universität Karlsruhe (TH) 1998.

### TAYLOR 1911

Taylor, F.W.: The Principles of Scientific Management. New York 1911.

### THOMPSON & MANOLA 1997

Thompson, C.; Manola, F.: Componentware Glossary. Object Services and Consulting, Inc. 1996.

### TRACHT 1997

Tracht, Th.: Auditierung der Produktionsplanung und Steuerung. Fotschr.-Ber. VDI Reihe 2 Nr. 430. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997.

### UML 1997

Booch, G.; Rumbaugh, J.; Jacobson, I.: The Unified Modeling Language for Object-Oriented Development. Notation Guide Version 1.1. Santa Clara: Rational Software Corporation 1997.

### VARGAS U. A. 1996

Vargas, B. u. a.: Interpretations of Deming's 14 Points of Management, International Competitiveness INTB 4365, College of Business Administration, University of Texas-Pan American, 1996.

### VDI 1992

VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB): Lexikon der Produktionsplanung und -steuerung. Düsseldorf: VDI Verlag 1992.

### VDI 1996

VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB): Dezentrale Fabrikplanung, Tagung Köln (8. und 9. Oktober 1996). Düsseldorf: VDI Verlag 1996.

## Literatur

---

### VDI 2860

VDI Richtlinie 2860: Montage- und Handhabungstechnik; Handhabungsfunktionen; Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen; Symbole. Düsseldorf: VDI Verlag 1990.

### VDW 1990

VDW 1012: Studie über die Auswertung von einheitlichen Entwurfs- und Entwicklungsmethoden zur Softwareentwicklung und durchgängigen Softwareokumentation für die Fertigungszelle. Düsseldorf: VDI Verlag 1990.

### WARNECKE 1993

H. J. Warnecke: The Fractal Company : A Revolution in Corporate Culture. Berlin, New York: Springer 1993.

### WEIGELT 1994

Weigelt, M.: Dezentrale Produktionssteuerung mit Agenten-Systemen, Entwicklung neuer Verfahren und Vergleich mit zentraler Lenkung, Wiesbaden: Gabler 1994.

### WESTKÄMPER 1996

Westkämper, E. (Hrsg.): Null-Fehler-Produktion in Prozessketten. Berlin, Heidelberg: Springer 1996.

### WESTKÄMPER 1997

Westkämper, E.: Produktion in Netzwerken. In: Schuh, G.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Komplexität und Agilität - Steckt die Produktion in der Sackgasse?. Berlin: Springer 1997. S.275-291.

### WESTKÄMPER U.A. 1998

Westkämper, E.; Balve, P.; Wiendahl, H.-H.: Auftragsmanagement in wandlungsfähigen Unternehmensstrukturen. In: PPS-Management 1998 (1998) Nr. 1, Berlin: GITO, 1998, S. 22-26.

### WIENDAHL & SCHEFFCZYK 1997

Wiendahl, H.-P.; Scheffczyk, H.: Gestaltung wandlungsfähiger Fabrikstrukturen: Strategien, Planungsmethoden, Beispiele. In: Gesellschaft für Fertigungstechnik (Hrsg.): Stuttgarter Impulse: Innovation durch Technik und Organisation / FTK'97. Berlin, Heidelberg: Springer 1997, S. 175-198.

### WIENDAHL 1987

Wiendahl, H.-P.: Belastungsorientierte Fertigungssteuerung. München, Wien: Hanser 1987.

## Literatur

---

WIENDAHL 1991

Wiendahl, H.-P.: Analyse und Neuordnung der Fabrik. Berlin: Springer 1991, S.81-86.

WIENDAHL 1993

Wiendahl, H.-P.: Neue Wege der PPS. IFA-Kolloquium. Hannover 1993.

WIENDAHL 1996A

Wiendahl, H.-P. Hrsg.: Erfolgsfaktor Logistikqualität: Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. Berlin: Springer 1996.

WIENDAHL 1996B

Wiendahl, H.-P.: Produktionsplanung und -steuerung. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Hütte: Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebshütte). Hrsg.: Akademischer Verein Hütte e.V., Berlin: Springer 1996, S. 14-1 – 14-130.

WIENDAHL 1996C

Wiendahl, H.-P.: Modelle und Systeme des Produktionscontrolling. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Hütte: Taschenbuch für Betriebsingenieure (Betriebshütte). Hrsg.: Akademischer Verein Hütte e.V., Berlin: Springer 1996, S. 18-32 – 18-63.

WIENDAHL H.-H. 1998

Wiendahl, H.-H.: Zentralistische Planung in dezentralen Strukturen? - Orientierungshilfe für die Praxis. In: Auftrags- und Informationsmanagement in Produktionsnetzwerken - Konzepte und Erfahrungsberichte. 3. Stuttgarter PPS-Seminar F 31. Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA 1998 S. 79-108.

WILDEMANN 1992

Wildemann, H.: Das Just-in-time-Konzept. St. Gallen: gfmt - Gesellschaft für Management und Technologie AG 1992, S. 48 – 57.

WILDEMANN 1993

Wildemann, H. Organisation der Produktion. In: Wittmann, W. u. a. (Hrsg.): HWB, Bd. 2, 5. Aufl., Stuttgart 1993, Sp. 3383-3404.

WOLLNIK 1988

Wollnik, M.: Ein Referenzmodell des Informationsmanagements. In: Information Management 3 (1988), 3, S. 34 – 43.

WOOLDRIDGE & JENNINGS 1998

Wooldridge, M.; Jennings, N. R.: Pitfalls of Agent-Oriented Development. London: University of London, Department of Electronic Engineering 1998.



## Literatur

---

### ZAHN & RÜTTLER 1990

Zahn, E.; Rüttler, M.: Ganzheitliches Informationsmanagement - Informationsbereitschaft, Informationspotential, Informationsfähigkeit. In: Heilmann, H. u.a.: Informationsmanagement - Aufgaben der Unternehmensleitung. Stuttgart: Teubner 1990, S. 1-27.

### ZELEWSKI 1993A

Zelewski, S.: Koordination von Produktionsprozessen - Ein Ansatz auf Basis von Multi-Agenten-Systemen. Information Management 2 (1993), S. 14-24.

### ZELEWSKI 1993B

Zelewski, S.: Agenten. Information Management 2 (1993), S. 79-81.