

***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***



# 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*

## 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 Logistikorientierter 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>i</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 & SCHEFCZYK 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.

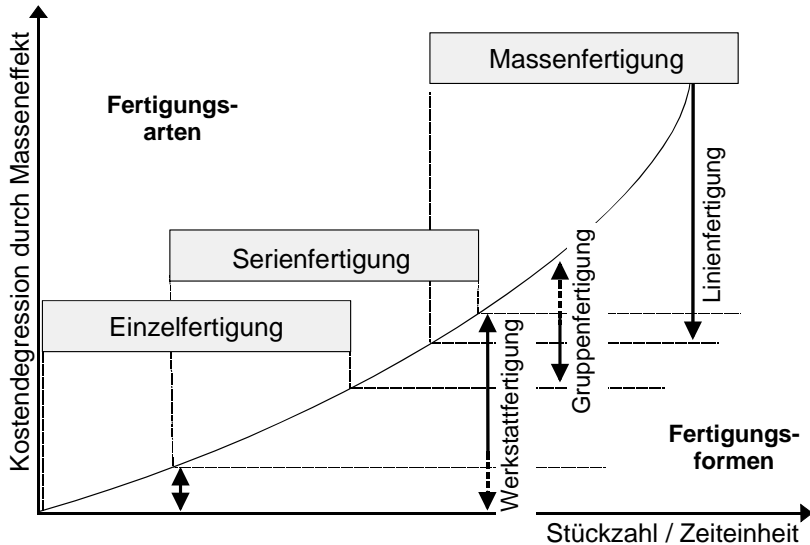


Bild 1: Abhängigkeit zwischen Fertigungsart und -form und den Stückzahlen pro Zeiteinheit eines Produktes [Henn & Kühnle 1996, S. 9-66]

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.

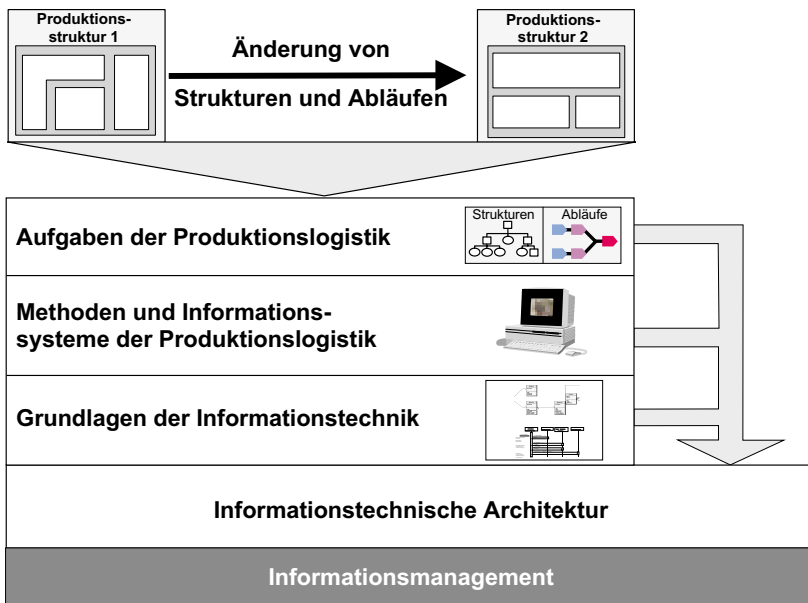


Bild 2: Aufbau eines Informationsmanagements für die Produktionslogistik das den Wandel unterstützt

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.