



Engelbert Westkämper

---

# Einführung in die Organisation der Produktion

Unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Markus Decker  
und Dipl.-Ing. Lamine Jendoubi

Mit 141 Abbildungen

 Springer

Engelbert Westkämper  
Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb  
Universität Stuttgart  
Nobelstr. 12  
70569 Stuttgart

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISSN 0937-7433  
ISBN-10 3-540-26039-0 Springer Berlin Heidelberg New York  
ISBN-13 978-3-540-26039-4 Springer Berlin Heidelberg New York

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

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

[springer.de](http://springer.de)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006  
Printed in Germany

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

Satz: Dipl.-Ing. Markus Decker  
Herstellung: LE-TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig  
Einbandgestaltung: *design & production* GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier 7/3144/YL - 5 4 3 2 1 0

## Lebensläufe der Autoren

### ***Prof. Dr.-Ing. Prof. E. h. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper***

Geb. 1946 in Schloss Neuhaus. Maschinenbaustudium an der RWTH Aachen, 1977 Promotion zum Dr.-Ing. am Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL). Danach Industrietätigkeit in der Luftfahrt- und Elektronikindustrie. Von 1988-1995 o. Prof. an der TU Braunschweig als Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF). Seit 1995 Lehrstuhlinhaber des IFF der Universität Stuttgart und Institutsleiter am IPA. Ehrenprofessor der Baotou Universität für Eisen- und Stahltechnologie, Ehrendoktor der Technischen Universität Cluj-Napoca, der Nationalen Technischen Universität Charkow „Charkower Polytechnisches Institut“ und Dr.-Ing. E. h. der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

### ***Dipl.-Ing. Markus Decker***

Geb. 1977 in Bad Friedrichshall. Maschinenbaustudium an der Universität Stuttgart. Arbeitsgebiet: *Modellierung/Simulation technischer Prozesse und Systeme*

### ***Dipl.-Ing. Lamine Jendoubi***

Geb. 1977 in Frankenthal (Pfalz). Maschinenbaustudium an der Universität Stuttgart. Arbeitsgebiet: *Echtzeitfähige Fabrik und Fabrikplanung*

# Vorwort

Die Organisation der Fabriken und der Methoden zu ihrer Gestaltung, Führung und Optimierung ist eine Voraussetzung des Erfolges aller industriell gefertigten Produkte. Sie ist aber auch die Grundlage einer Wirtschaft, die sich im Wettbewerb behaupten muss. Seit mehr als 100 Jahren werden Technik und Organisation in den Unternehmen gleichrangig und simultan entwickelt. Mit neuen Techniken und Verfahren ändert sich vielfach auch die Organisation, so beispielsweise bei der Durchdringung der gesamten technischen Welt mit Elektronik und Informationsverarbeitung. Andererseits ermöglichen und fördern neue Formen und Konzepte der Organisation der Fabriken auch die Anwendung neuer Techniken.

Viele Studierende erlernen die Grundlagen und spezielle Bereiche der Technik, welche für das moderne Ingenieurwesen notwendig sind. Die Grundlagen der Organisation und ein Verständnis industrieller arbeitsteiliger Prozesse werden an den meisten Hochschulen jedoch erst in den Vertiefungsfächern angeboten. Um Studierenden einen Einblick in die industriellen Methoden der Organisation zu verschaffen und um denjenigen, die für ihre Arbeiten ein Grundverständnis der Produktion benötigen, wurde dieses Buch geschrieben. Es ist ein Lehrbuch, das in die Organisation einführen soll und kann dadurch natürlich nicht alle Ansätze spezifischer Bereiche umfassen. Es ist als ein Werk zur Einführung in die Fabrikbetriebslehre, in die Produktionssystematik und in das industrielle Produktionsmanagement gedacht.

Neuere und modernere Ansätze der Organisation, wie zum Beispiel die schnelle Wandelbarkeit und Anpassung von Fabriken und ihrer Organisation sind, soweit sie sich aus den Grundlagen ableiten lassen, enthalten, so dass mit diesem Buch auch denjenigen eine Hilfe gegeben werden kann, die sich schnell ein Grundverständnis verschaffen wollen.

Die Fabrik wird in diesem Buch verstanden als ein ganzheitliches System der Produktion industrieller Erzeugnisse und als Unternehmen oder gar als Netzwerk von Unternehmen, die gemeinschaftlich technische Produkte und Dienstleistungen herstellen. Sie umfasst in diesem Verständnis ganze Produktionsbereiche, einschließlich Zulieferung und Vertrieb in den modernen Netzwerken der Produktion. Der Rahmen reicht von den Prozessen und Arbeitsplätzen zu den Produktionsnetzen und von den operativen Aktionen bis zu langfristigen Strategien der Gestaltung von Unternehmensstrukturen sowie von der Planung bis zum Betrieb von Produktionssystemen.

Den angehenden Managern wird in der Vorlesung eine Ergänzung durch viele industrielle Beispiele geboten. Umfangreiches Filmmaterial und simulierte Prozesse vermitteln einen Eindruck des Geschehens und der methodischen Ansätze.

Diese und einzelne Übungsaufgaben werden in der Zukunft auch über das Internet unter [www.iff.uni-stuttgart.de](http://www.iff.uni-stuttgart.de) als Ergänzung zum Stoff zu beziehen sein. In diesem Buch war es notwendig, stark zu abstrahieren und zu vereinfachen. Für Vertiefungen steht eine umfangreiche Literatur zur Verfügung. Diese umfasst auch Standardwerke, auf die im Text verwiesen wird.

Das Buch entstand im Zusammenhang mit einer neuen Einführungsvorlesung im ersten Semester für Studierende des Faches Maschinenbau an der Universität Stuttgart. Es ergänzt eine Einführung in die Fertigungslehre, in der die fertigungstechnischen Verfahren vorgestellt werden. Meinen Mitarbeitern, allen voran Herrn Dipl.-Ing. Decker und Herrn Dipl.-Ing. Jendoubi, danke ich besonders für ihr hohes Engagement und die Vorbereitung sowie aktive Mitarbeit an diesem Projekt. Ohne ihre Hilfe wäre es nicht gelungen, dieses Buch zu realisieren.

Dem Springer-Verlag, insbesondere Frau Eva Hestermann-Beyerle und Frau Monika Lempe, sowie der LE-TeX Jelonek, Schmidt & Voeckler Gbr, insbesondere Frau Christina Brückner, danke ich für die gute Zusammenarbeit und die zügige Veröffentlichung dieses Buches.

Stuttgart im Sommer 2005

E. Westkämper

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort .....</b>	<b>VII</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einführung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Zum Aufbau und Inhalt des Buches .....	2
<b>2 Weltbilder der industriellen Produktion.....</b>	<b>5</b>
2.1 Ein geschichtlicher Rückblick.....	5
2.2 Handwerkliche Fertigung .....	6
2.2.1 Werkstättenprinzip.....	7
2.2.2 Handwerkliche Produktion und weiträumiger Vertrieb über Handelsnetze .....	8
2.3 Industrielle Fertigung .....	9
2.3.1 Mechanisierung.....	9
2.3.2 Verbesserung und Lernen .....	11
2.3.3 Wachstum als industrielles Paradigma.....	12
2.3.4 Rationalisierung .....	14
2.4 Die Flexible Produktion .....	15
2.4.1 Markt- und Kundenorientierung .....	16
2.5 Rechnerunterstützte Produktion .....	17
2.5.1 Flexible Automatisierung.....	18
2.5.2 CIM - Computer Integrated Manufacturing.....	19
2.5.3 Informationsverarbeitung in der Produktion.....	20
2.6 Information und Wissen als Ressourcen der Produktion.....	21
2.7 Fabriken heute und in der Zukunft .....	21
2.7.1 Vernetzte Produktion .....	21
2.8 Die Produktion in der Kreislaufwirtschaft.....	23
2.8.1 Neue Definition der Produktion.....	24
2.8.2 Verpflichtung auf den Schutz der Umwelt.....	25
2.8.3 Produktion und Deproduktion.....	26
2.8.4 Optimierung der Produktlebenszyklen.....	27
2.9 Schließung von Leistungslücken durch Innovation.....	28
2.9.1 Produktinnovationen.....	29
2.9.2 Prozessinnovationen .....	32

<b>3</b>	<b>Das Unternehmen.....</b>	<b>33</b>
3.1	Transformation und Wertschöpfung.....	33
3.2	Deutsche Rechtsformen produzierender Unternehmen .....	36
3.2.1	Personenunternehmen .....	36
3.2.2	Kapitalgesellschaften .....	37
3.3	Betriebe und Haushalte .....	38
3.4	Struktur produzierender Unternehmen bzw. der „Fabrik“.....	40
3.4.1	Unternehmensstrategie, Investitionsplanung und Kostenrechnung.....	41
3.4.2	Produktplanung, Produktentwicklung, Konstruktion, Arbeitsplanung .....	42
3.4.3	Vertrieb, Angebotswesen und Auftragsmanagement.....	43
3.4.4	Physische Produktion.....	44
3.5	Organisation der Fabriken .....	45
3.5.1	Aufbauorganisation.....	45
3.5.2	Die Ablauforganisation .....	49
3.6	Das Stuttgarter Unternehmensmodell.....	51
3.6.1	Systemtheorie.....	51
3.6.2	Leistungseinheiten .....	52
3.6.3	Inneres Managementsystem von Leistungseinheiten .....	53
3.6.4	Hierarchie der Systeme .....	55
3.6.5	Vernetzung und Gesetzmäßigkeiten der Systeme in der Produktion .....	58
<b>4</b>	<b>Ziele der Organisation der Produktion.....</b>	<b>63</b>
4.1	Rechtliche Verpflichtungen.....	63
4.2	Ziele aus Interessenlagen.....	63
4.2.1	Aus dem Kapitaleinsatz resultierende Ziele.....	64
4.2.2	Ziele aus Kunden- und Marktinteressen .....	66
4.2.3	Ziele aus Mitarbeiterinteressen .....	67
4.2.4	Ziele aus dem öffentlichen Interesse.....	67
4.3	Leistungsziele der Produktion .....	68
4.3.1	Qualität .....	69
4.3.2	Zeiten .....	70
4.3.3	Kosten .....	72
<b>5</b>	<b>Kostenrechnung .....</b>	<b>75</b>
5.1	Grundbegriffe des betrieblichen Rechnungswesen .....	75
5.1.1	Bestandsgrößen und Reinvermögen.....	76
5.1.2	Zustrom.....	77
5.1.3	Abstrom .....	77
5.1.4	Aufwand und Kosten .....	78
5.2	Kostenrechnung allgemein .....	79
5.3	Kostenartenrechnung.....	81



5.3.1	Personalkosten .....	82
5.3.2	Kapitalkosten .....	83
5.3.3	Betriebsmittelkosten .....	83
5.3.4	Werkstoffkosten, Materialkosten .....	85
5.3.5	Energiekosten, Medienkosten .....	85
5.3.6	Dienstleistungskosten, Gebühren, Steuern, Telefon, etc.....	86
5.4	Kostenstellenrechnung .....	86
5.4.1	Aufgabe der Kostenstellenrechnung .....	86
5.4.2	Gliederung der Kostenstellen.....	87
5.4.3	Innerbetriebliche Budgetierung und Leistungsverrechnung ..	89
5.5	Kostenträgerrechnung .....	91
5.5.1	Kalkulation der Einzelkosten .....	92
5.5.2	Zuschlagskalkulation .....	93
5.5.3	Kostenträgerzeitrechnung .....	97
5.6	Vollkostenrechnung und Teilkostenrechnung .....	99
5.6.1	Vollkostenrechnung .....	100
5.6.2	Teilkostenrechnung.....	100
5.6.3	Beispiel einer Vollkosten- und Teilkostenrechnung .....	101
5.7	Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	102
5.7.1	Statische Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	106
5.8	Kostenanalyse.....	114
<b>6</b>	<b>Der Produktentstehungsprozess .....</b>	<b>117</b>
6.1	Organisation der Produktentstehung .....	117
6.1.1	Forschung .....	118
6.1.2	Produktplanung.....	118
6.1.3	Vorgehensweise bei der Produktentwicklung .....	121
6.1.4	Herstellung und Erprobung von Prototypen .....	128
6.2	Ziele der Produktentwicklung .....	129
6.2.1	Risiken und Prävention bei der Entwicklung neuer Produkte .....	129
6.2.2	Präventive Qualitätssicherung.....	131
6.2.3	Kostenverursachung und Verantwortung.....	132
6.2.4	Entwicklungszeit.....	136
6.3	Design to x .....	137
6.3.1	Design to Cost, Quality, Time .....	138
6.3.2	Design for Manufacturing, Assembly, Maintenance, Environment .....	139
6.4	Digitale Produktentwicklung.....	140
6.4.1	Computer Aided Design (CAD) .....	141
6.4.2	Product Data Management.....	144
6.4.3	Rapid Prototyping .....	147

<b>7</b>	<b>Die Vorbereitung der Produktion.....</b>	<b>153</b>
7.1	Arbeitsplanung .....	155
7.1.1	Grundfunktionen .....	155
7.1.2	Arbeitsplanerstellung .....	156
7.1.3	Montageplanerstellung.....	162
7.1.4	Prüfplanung.....	165
7.2	Planung der Betriebsmittel (Arbeitssystemplanung).....	167
7.2.1	Gestaltung von (manuellen) Arbeitsplätzen.....	167
7.2.2	Planung der Vorrichtungen und Werkzeuge .....	168
7.2.3	Programmierung von Maschinen und Anlagen.....	169
7.3	Zeitplanung.....	171
7.3.1	Synthetische Zeitermittlung .....	172
7.3.2	Analytische Zeitermittlung .....	173
7.4	Dokumente der Arbeitsvorbereitung .....	176
<b>8</b>	<b>Das Auftragsmanagement .....</b>	<b>179</b>
8.1	Grundsätzliche Aufgaben und Ablauf .....	179
8.2	Auftragsplanung .....	182
8.2.1	Produktionsprogrammplanung.....	182
8.2.2	Materialbedarfsplanung .....	184
8.2.3	Termin- und Kapazitätsplanung.....	189
8.3	Auftragssteuerung .....	192
<b>9</b>	<b>Produktionssysteme .....</b>	<b>195</b>
9.1	Fertigungsarten und Fertigungsprinzipien.....	198
9.2	Systemmodell der Fertigungsbereiche.....	200
9.3	Technik der Produktionssysteme.....	203
9.3.1	Maschinen und Anlagen des Bearbeitungssystems.....	203
9.3.2	Automatisierung der Bearbeitungssysteme am Beispiel der Teilefertigung .....	205
9.3.3	Technische Konzepte zur Produktion im Reinraum .....	208
9.4	Montagekonzepte .....	210
9.4.1	Prozesse und Prozessfolgen .....	210
9.4.2	Logistische Struktur von Montagesystemen .....	212
9.4.3	Automatisierung in der Montage .....	217
9.5	Mitarbeiterzentrierte Konzepte.....	219
9.6	Methoden des Managements von ganzheitlichen Produktions- systemen .....	221
9.6.1	Lean Manufacturing.....	221
9.6.2	Kontinuierliche Verbesserung.....	223
9.7	Hilfsbetriebe der Produktion .....	224
9.7.1	Logistisches System.....	225
9.7.2	Fertigungsbetriebsmittel .....	228
9.7.3	Instandhaltung.....	233

---

<b>10 Die Architektur von Informationssystemen .....</b>	<b>235</b>
10.1 Informationsverarbeitung in allen Bereichen .....	236
10.2 Integration der Anwendungssysteme .....	237
10.2.1 CAx-Systeme .....	238
10.2.2 Auftragsmanagementsysteme .....	240
10.2.3 Produktionsmanagement-Systeme .....	240
10.3 Produktdatenmanagement .....	242
10.3.1 Datenbanksysteme .....	242
10.4 Digitale Fabrik .....	244
10.5 DATA Warehouse und Expertenwissen .....	247
10.6 Informationsnetzwerke.....	248
<b>Literatur/Fachbücher.....</b>	<b>251</b>
<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>255</b>