

Ulrich Kohler

**Methodik zur kontinuierlichen  
und kostenorientierten Planung  
produktionstechnischer Systeme**



Herbert Utz Verlag · München

## **Forschungsberichte IWB**

Band 210

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2007

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

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

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2008

ISBN 978-3-8316-0753-2

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München  
089-277791-00 · [www.utz.de](http://www.utz.de)

## 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 Potenziale 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 sowie von 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 Entwicklung von Produktionssystemen über deren Planung bis hin zu den eingesetzten Technologien in 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.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation .....	1
1.2 Zielsetzung und Struktur der Arbeit .....	3
<b>2 Grundlagen und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs</b> .....	<b>7</b>
2.1 Grundlegende Zusammenhänge und Begriffe .....	7
2.2 Inhalte und Prozesse der Fabrikplanung .....	10
2.3 Abgrenzung und Beschreibung des Untersuchungsbereichs .....	16
2.3.1 Abgrenzung des Untersuchungsbereichs.....	16
2.3.2 Beschreibung des Untersuchungsbereichs .....	18
2.4 Zusammenfassung und Zwischenfazit.....	25
<b>3 Situationsanalyse und Handlungsbedarf</b> .....	<b>27</b>
3.1 Einsatz der rechnergestützten Fabrikplanung .....	27
3.1.1 Notwendigkeit der rechnergestützten Produktionsplanung .....	27
3.1.2 Einfluss der Digitalen Fabrik auf die Fabrikplanung .....	29
3.2 Produktionsplanung unter dem Aspekt Ganzheitlicher Produktionssysteme .....	35
3.3 Einfluss der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf die Produktionsplanung .....	38
3.4 Anforderungen an die durchgängige Produktionsplanung .....	40
3.5 Diskussion relevanter Ansätze und Hilfsmittel .....	45
3.5.1 Diskussion der kommerziellen Hilfsmittel .....	45
3.5.2 Diskussion der wissenschaftlichen Ansätze .....	51
3.5.3 Abschließende Bewertung und Herleitung des Handlungsbedarfs.....	58

3.6 Zusammenfassung und Festlegung der weiteren Vorgehensweise .....	61
<b>4 Grundkonzeption des Planungstools .....</b>	<b>63</b>
4.1 Festlegung der Softwaremodule .....	63
4.2 Inhalte und Aufgaben des Grunddatenmoduls .....	64
4.3 Inhalte und Aufgaben des Materialflussmoduls .....	66
4.3.1 Inhalte und Aufgaben der Betriebsmittelplanung .....	68
4.3.2 Inhalte und Aufgaben der Transportmittelplanung .....	69
4.3.3 Inhalte und Aufgaben der Lagerplanung .....	70
4.3.4 Inhalte und Aufgaben der Personalplanung .....	72
4.3.5 Inhalte und Aufgaben der Steuerungsplanung .....	76
4.4 Inhalte und Aufgaben des Dimensionierungsmoduls .....	77
4.5 Inhalte und Aufgaben des Flächen- und Strukturmoduls .....	80
4.6 Inhalte und Aufgaben des Layoutmoduls .....	84
4.7 Inhalte und Aufgaben des Bewertungs- und Analysemoduls .....	86
<b>5 Konzeption des monetären Bewertungsmoduls .....</b>	<b>89</b>
5.1 Grundkonzeption des Bewertungssystems .....	90
5.2 Konzeption des Betriebsmittelkostenmoduls .....	97
5.3 Konzeption des Transportmittelkostenmoduls .....	101
5.4 Konzeption des Personalkostenmoduls .....	104
5.5 Konzeption des Lagerkostenmoduls .....	106
5.6 Konzeption des Fertigungsgemeinkostenmoduls .....	111
5.7 Konzeption des Prozesskostenmoduls .....	112
5.8 Konzeption des Herstellkostenmoduls .....	118

5.9 Zusammenfassung der konzeptionellen Ergebnisse .....	121
<b>6 Vorstellung des realisierten Planungstools anhand eines Praxisbeispiels.....</b>	<b>125</b>
6.1 Allgemeine Anmerkungen zur Realisierung des Planungstools.....	125
6.2 Charakteristika des Praxisbeispiels .....	126
6.3 Vorstellung des Planungstools .....	127
6.4 Kritische Würdigung.....	155
<b>7 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>157</b>
<b>8 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>161</b>
<b>9 Anhang .....</b>	<b>187</b>
9.1 Softwareportfolio der Anbieter Delmia und Tecnomatix.....	187
9.2 Grundsätzlicher Aufbau der Kostenrechnung .....	188
9.2.1 Kostenartenrechnung .....	188
9.2.2 Kostenstellenrechnung.....	189
9.2.3 Kostenträgerrechnung.....	195
9.3 Berechnung der Teilbelegungszeiten bei Stetigförderern .....	201
9.4 Berechnung der Teilprozesskosten .....	202





## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Der Einfluss der Optimierung der Planungsqualität in der frühen Planungsphase (in Anlehnung an FREY 1975, S. 8 und KETTNER ET AL. 1984, S. 7).....	2
Abbildung 1-2: Struktur der Arbeit.....	4
Abbildung 2-1: Elemente und Struktur eines Produktionssystems (in Anlehnung an SCHMIDT 2003, S. 11).....	9
Abbildung 2-2: Zeitliche Überlappung von Planungsphasen (KETTNER ET AL. 1984, S. 5).....	11
Abbildung 2-3: Unterschiedliche Verständnisse der Planungsobjekte der Fabrikplanung (in Anlehnung an BERGHOLZ 2005). ....	12
Abbildung 2-4: Planungsebenen der Fabrikplanung (nach WIENDAHL ET AL. 2001, S. 189).....	14
Abbildung 2-5: Aufgaben der Produktions- und Gebäudeplanung (MEIERLOHR 2003, S. 8).....	15
Abbildung 2-6: Referenzablauf der Fabrikplanung (EVERSHEIM & SCHMIDT 2001, S. 837).....	17
Abbildung 2-7: Festlegung des Untersuchungsbereichs dieser Arbeit.....	18
Abbildung 2-8: Hauptplanungsschritte der Grobplanung (KETTNER ET AL. 1984, S. 20).....	19
Abbildung 2-9: Feinlayout einer Getriebefertigung (IFP 2006).....	22
Abbildung 2-10: Gliederung und Detaillierungsgrad der Datenbasis in Abhängigkeit des Planungsfortschritts.....	24
Abbildung 3-1: Gestaltung der Planung (SCHARF ET AL. 2001, S. 4).....	28
Abbildung 3-2: Einsatzbereiche von Planungssoftware in der Produktionsplanung (BLEY ET AL. 2006; S. 20). ....	31
Abbildung 3-3: Einsatzgebiete der Simulationstechnologien (FELDMANN & REINHART 1999, S. 3).....	32
Abbildung 3-4: Verteilung des Aufwands auf die Phasen eines Simulationsprojekts (FELDMANN & REINHART 1999).....	34

Abbildung 3-5: Dauer von Ablaufsimulationsprojekten (FELDMANN & REINHART 1999).....	34
Abbildung 3-6: Historie der Produktionssysteme (DOMBROWSKI 2005, S. 1) .....	36
Abbildung 3-7: Anwendung der Fabrikplanung bei Ganzheitlichen Produktionssystemen (DOMBROWSKI 2005, S. 17).....	37
Abbildung 3-8: Anforderungskatalog zur kontinuierlichen und kostenbasierten Produktionsplanung .....	44
Abbildung 3-9: Software-Portfolio der Digitalen Fabrik (DELMIA 2006B).....	46
Abbildung 3-10: Bewertung relevanter Ansätze der Produktionsplanung .....	59
Abbildung 4-1: Softwaremodule zur kontinuierlichen und kostenorientierten Produktionsplanung .....	63
Abbildung 4-2: Ziele der Materialflussplanung (VDI-RICHTLINIE 2498).....	67
Abbildung 4-3: Durchschnittliche Flächenverteilung in metallverarbeitenden Betrieben (in Anlehnung an PODOLSKY 1977, S. 252).....	71
Abbildung 4-4: Ausprägungsstufen der Qualifikationsmatrix bei unterschiedlichen Organisationsformen .....	74
Abbildung 4-5: Hierarchischer Aufbau der Jahresarbeitszeitmodelle .....	75
Abbildung 4-6: Abbildungsgüte und Zeitaufwand von Analyse und Dimensionierungsmethoden (RALL 1998).....	78
Abbildung 4-7: Flächengliederung (nach VDI-RICHTLINIE 3644, S. 4).....	81
Abbildung 4-8: Dimensionierung der Strukturelemente.....	83
Abbildung 4-9: Visualisierungsmöglichkeiten der Simulationsergebnisse (nach VDI-RICHTLINIE 3633-1).....	86
Abbildung 4-10: Anforderungen an das monetäre Bewertungsmodul.....	88
Abbildung 5-1: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile gängiger Kostenrechnungssysteme (nach COOPER & KAPLAN 1991, RIEBEL 1994, MÄNNEL 1997) .....	91
Abbildung 5-2: Vergleich der Aufgabeneignung gängiger Kostenrechnungssysteme (nach COOPER & KAPLAN 1991, RIEBEL 1994, MÄNNEL 1997) .....	92

---

Abbildung 5-3:	Darstellung der funktional differenzierten Kostenrechnung (WECK ET AL. 1990).....	93
Abbildung 5-4:	Bewertung des Ressourcenverbrauchs mit Hilfe des Ressourcenansatzes (HARTMANN 1993; EVERSHEIM 1996). .....	94
Abbildung 5-5:	Prinzipieller Ablauf der maschinenstundensatzbasierten Zuschlagskalkulation .....	95
Abbildung 5-6:	Teilprozessschritte der Wertschöpfungskette .....	96
Abbildung 5-7:	Grundlegender Aufbau des Bewertungsmoduls .....	96
Abbildung 5-8:	Gliederung der variablen Kostensätze .....	100
Abbildung 5-9:	Gliederung der variablen Personalkostensätze .....	106
Abbildung 5-10:	Beispielhafte Ausprägungsstufen eines Lagers .....	107
Abbildung 5-11:	Wertsteigerung in Abhängigkeit von Prozessschritten (LORENZEN 1997, S. 69) .....	109
Abbildung 5-12:	Prinzip der durchwälzenden Divisionskalkulation .....	113
Abbildung 5-13:	Kalkulationsmethodik am Beispiel eines Rohteils .....	115
Abbildung 5-14:	Schema der erweiterten Zuschlagskalkulation (in Anlehnung an WARNECKE ET AL. 1996, S. 121).....	119
Abbildung 6-1:	Detaillierung der Auftrags- und Lieferdaten .....	127
Abbildung 6-2:	Festlegung der Arbeitszeitmodelle.....	128
Abbildung 6-3:	Grobspezifikation der Betriebsmittelparameter .....	129
Abbildung 6-4:	Detaillierung der Arbeitsplandaten.....	130
Abbildung 6-5:	Spezifikation der Ladungsträger .....	131
Abbildung 6-6:	Definition der Lagerspezifikation.....	132
Abbildung 6-7:	Definition der Lagerspezifikation.....	132
Abbildung 6-8:	Ermittlung der Bereichs- und Gebäudeflächen .....	133
Abbildung 6-9:	Ergebnis Ideallayout auf Bereichsebene .....	134
Abbildung 6-10:	Ergebnis der Blocklayoutplanung auf Bereichsebene.....	135
Abbildung 6-11:	Ergebnis der Ideallayoutplanung auf Betriebsmittelebene... 135	

Abbildung 6-12: Ergebnis der Blocklayoutplanung auf Betriebsmittelebene .....	136
Abbildung 6-13: Erstellung des Verkehrswegenetzes .....	136
Abbildung 6-14: Spezifikation der unstetigen Transportmittel .....	137
Abbildung 6-15: Spezifikation der stetigen Transportmittel .....	138
Abbildung 6-16: Spezifikation der Transportmittelauswahl.....	139
Abbildung 6-17: Visualisierung des innerbetrieblichen Transports.....	139
Abbildung 6-18: 3D-Darstellung des Blocklayouts auf Betriebsmittelebene ..	140
Abbildung 6-19: Festlegung der Qualifikationsanforderungen .....	141
Abbildung 6-20: Festlegung der Personal- bzw. Qualifikationsgruppen .....	142
Abbildung 6-21: Graphische Visualisierung einer Gabelstaplerauslastung ...	144
Abbildung 6-22: Graphische Visualisierung eines Pufferverlaufs .....	144
Abbildung 6-23: Eingabemaske des Betriebsmittelkostenmoduls .....	146
Abbildung 6-24: Analyse der Betriebsmittelkosten .....	147
Abbildung 6-25: Festlegung der Ladungsträgerkosten.....	148
Abbildung 6-26: Festlegung der fixen Lohnkosten .....	148
Abbildung 6-27: Festlegung der variablen Lohnkosten .....	149
Abbildung 6-28: Navigationsoberfläche des Prozesskostenmoduls .....	149
Abbildung 6-29: Darstellung der Wertschöpfungskurve .....	150
Abbildung 6-30: Darstellung des Kostenartendiagramms .....	151
Abbildung 6-31: Aktionsbasierte Analyse der Prozesskosten .....	152
Abbildung 6-32: Realisierung des Herstellkostenmoduls .....	153
Abbildung 6-33: Feinlayout des Praxisbeispiels .....	154
Abbildung 6-34: Überprüfung der Zielerfüllung.....	156
Abbildung 9-1: Softwareportfolio der beiden Anbieter Delmia und Tecnomatix.....	187
Abbildung 9-2: Schematischer Kostenrechnungsablauf (LACKES 1989) .....	188
Abbildung 9-3: BAB (WARNECKE ET AL. 1996, S. 85).....	191

Abbildung 9-4:	Abnehmender Lohnanteil an den Fertigungskosten in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad (WARNECKE ET AL. 1996, S. 94) .....	193
Abbildung 9-5:	Differenzierte Zuschlagskalkulation (nach WARNECKE ET AL. 1996, S. 121) .....	196
Abbildung 9-6:	Zusammensetzung der Selbstkosten ohne und mit Maschinenkosten (WARNECKE ET AL. 1996, S. 97).....	198
Abbildung 9-7:	Ermittlung der Transportbelegungszeit bei Stetigförderern .....	201



## Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
Aufl.	Auflage
AVO	Arbeitsvorgang
BAB	Betriebsabrechnungsbogen
BDE	Betriebsdatenerfassung
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	Computer Added Design (engl.)
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
engl.	englisch
ERP	Enterprise Resource Planning (engl.)
et al.	et alii (lat.), und andere
etc.	et cetera (lat.), und weiteres
e.V.	eingetragener Verein
ff.	fortfolgende
FEM	Finite Elemente Methode
FKSt	Fertigungskostenstellen
ggf.	gegebenenfalls
GPS	Ganzheitliche Produktionssysteme
h	hour (Stunde)
HGB	Handelsgesetzbuch
Hrsg.	Herausgeber

http	hypertext transfer protocol (engl.)
i. Allg.	im Allgemeinen
i.d.R.	in der Regel
IFA	Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Universität Hannover
IFF	Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung
IPA	Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
ifp	Prof. Dr.-Ing. J. Milberg Institut für Produktionstechnik GmbH
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München
IT	Information Technology (engl.)
JIT	Just in Time (engl.)
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
lat.	lateinisch
LHM	Ladehilfsmittel
MTM	Methods of Time Measurements
MKS	Mehrkörpersimulation
Nr.	Nummer
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
REFA	REFA-Verband für Arbeitsstudien, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e.V., Darmstadt
S.	Seite
sog.	so genannte
Sp.	Spalte
THM	Transporthilfsmittel
TPS	Toyota Produktion System (engl.)
u.a.	und andere(s), unter anderem, unter anderen
VDA	Verband der Automobilindustrie e. V., Frankfurt am Main
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf



Verl.	Verlag
vgl.	vergleiche
VR	Virtual Reality (engl.)
www	world wide web (engl.)
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZwF	Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung



## Notation

<i>ber</i>	Bereichsindex
<i>bet, i, j</i>	Betriebsmittelindizes
<i>Endpro</i>	Endproduktindex
<i>FKst</i>	Fertigungskostenstellenindex
<i>grp</i>	Personalgruppenindex
<i>lag</i>	Lagerindex
<i>LHM</i>	Ladehilfsmittelindex
<i>res</i>	Betriebsmittel- und Transportindex
<i>Rohteil</i>	Rohteilindex
<i>tra</i>	Transportmittelindex
<i>TP</i>	Teilprozessindex
<i>pro</i>	Produktindex
<i>Vorpro</i>	Vorproduktindex
<i>zus</i>	Ressourcenzustandsindex
$A^M$	Anzahl Mitarbeiter innerhalb einer Personalgruppe [ <i>Mitarbeiter</i> ]
<i>AA</i>	Anzahl der Fertigungsaufträge [ <i>Aufträge</i> ]
<i>AE</i>	Auslieferungsmenge [ <i>Stück</i> ]
<i>AKA</i>	Aktionsanzahl [ <i>Aktion</i> ]
<i>AKS</i>	Variabler aktionsbasierter Kostensatz [ <i>€/Aktion</i> ]
<i>AL</i>	Auslieferungen [ <i>Auslieferungen</i> ]
<i>AM</i>	Ausbringungsmenge [ <i>Stück</i> ]
<i>AV</i>	Anzahl der Arbeitsvorgänge [ <i>AVO</i> ]
<i>b</i>	Anzahl der Betriebsmittel
<i>BPK</i>	betriebsmittelbedingte Teilprozesskosten [ <i>€</i> ]
<i>BV</i>	Bestandsveränderungen [ <i>€</i> ]
<i>DLA</i>	∅ Anzahl der in einem Lager gepufferten Ladehilfsmittel [ <i>Stück</i> ]
<i>DPA</i>	∅ Anzahl der in einem Lager gepufferten Teile [ <i>Stück</i> ]

## Notation

---

<i>DSK</i>	Distributionsstückkosten [€/Stück]
<i>e</i>	Anzahl der unterschiedlichen Endprodukte
<i>EK</i>	Einkaufspreis eines Rohteils [€/Stück]
<i>EKK</i>	Konstruktions- und Entwicklungsgemeinkosten [€]
<i>EKKZ</i>	Konstruktions- und Entwicklungsgemeinkostenzuschlag [%]
<i>EM</i>	Einbringungsmenge [Stück]
<i>h</i>	Anzahl unterschiedlicher Ladehilfsmittel
<i>HW</i>	Herstellwert [€/Stück]
<i>k</i>	Anzahl der Fertigungskostenstellen
$F^A$	Flächenbedarf einer Ressource [ $m^2$ ]
$F^G$	Gesamtgebäudefläche [ $m^2$ ]
$F^{MA}$	Maschinenarbeitsplatzflächen [ $m^2$ ]
$F^{PA}$	Abtransportfläche [ $m^2$ ]
$F^{PB}$	Bereitstellungsfläche [ $m^2$ ]
$F^{ZF}$	Flächenzuschlagsfaktor für Zusatz- und Handlingsflächen [%]
<i>FBV</i>	Fertigungsbestandsveränderung [€]
<i>FGK</i>	Fertigungsgemeinkosten [€]
<i>FGKS</i>	fixer Gemeinkostensatz der indirekten Fertigungsbereiche [€/Auftrag]
<i>FGKZ</i>	Fertigungsgemeinkostenzuschlagssatz [%]
<i>FK</i>	Fertigungskosten [€]
<i>FKS</i>	Fixkostenstundensatz [€/h]
<i>FKZ</i>	Fertigungskostenzuschlag [€/Stück]
<i>FRGK</i>	Fertigungsrestgemeinkosten [€]
<i>FSK</i>	Fertigungsstückkosten [€/Stück]
<i>FL</i>	Fertigungslöhne [€]
<i>FM</i>	Fertigungsmaterialkosten [€]
<i>FW</i>	Fertigungswert eines Produkts [€]
<i>g</i>	Anzahl Personalgruppen

---

$HK$	Herstellkosten [€]
$K^A$	Abschreibungskosten [€]
$K^{D_{Stück}}$	Distributionskosten pro Produkt [€/Stück]
$K^{D_{Auslieferung}}$	Distributionskosten pro Auslieferung [€/Auslieferung]
$K^E$	Energiekosten [€]
$K^I$	Instandhaltungskosten [€]
$K^K$	Kapitalbindungskosten [€]
$K^L$	Lieferkosten [€]
$K^P$	Personalkosten [€]
$K^R$	Raumkosten [€]
$K^S$	Sonstige Fixkosten [€]
$K^{WBW}$	Wiederbeschaffungswert einer Ressource [€]
$K^Z$	Zinskosten [€]
$KES^{Gas}$	Gaskosten [€/m <sup>3</sup> ]
$KES^{Strom}$	Stromkosten [€/h]
$KES^{Wasser}$	Wasserkosten [€/Liter]
$KG^A$	Abschreibungskosten für Gebäude und Werkanlagen [€]
$KG^E$	Energiekostensatz [€/h]
$KG^I$	Instandhaltungskosten für Gebäude und Werkanlagen [€]
$KG^N$	Nebenkosten für Gebäude und Werkanlagen [€]
$KG^R$	Raumkostensatz [€/m <sup>2</sup> ]
$KG^Z$	Zinsenkosten für Gebäude und Werkanlagen [€]
$KV^{Gas}$	Gasverbrauch einer Ressource [m <sup>3</sup> /h]
$KV^{Strom}$	Stromverbrauch einer Ressource [kW/h]
$KV^{Wasser}$	Wasserverbrauch [Liter/h]
$l$	Anzahl Lager
$LA$	Lieferanzahl [Lieferungen]
$LE$	Gesamtleistung [€]

## Notation

---

<i>LKS</i>	Ladehilfsmittelkostensatz [ $\text{€}/\text{Jahr}$ ]
<i>LM</i>	Liefermenge [ $\text{Stück}$ ]
<i>LPK</i>	lager- und bestandsbedingte Teilprozesskosten [ $\text{€}$ ]
<i>m</i>	Transportmengen zwischen zwei Betriebsmitteln [ $\text{Stück}$ ]
<i>MB</i>	Maschinenbreite [ $m$ ]
<i>MBV</i>	Materialbestandsveränderung [ $\text{€}$ ]
<i>MGK</i>	Materialgemeinkosten [ $\text{€}$ ]
<i>MGKZ</i>	Materialgemeinkostenzuschlagssatz [%]
<i>MK</i>	Materialkosten [ $\text{€}$ ]
<i>MKZ</i>	Materialkostenzuschlag [ $\text{€}/\text{Stück}$ ]
<i>MT</i>	Maschinentiefe [ $m$ ]
<i>MW</i>	Materialwert eines Produkts [ $\text{€}$ ]
<i>p</i>	Anzahl unterschiedlicher Produkte
<i>PK</i>	Prozesskosten [ $\text{€}$ ]
<i>PPK</i>	personalbedingte Teilprozesskosten [ $\text{€}$ ]
<i>PW</i>	Wert eines Produkts [ $\text{€}$ ]
<i>r</i>	Anzahl der Bearbeitungs- und Transportressourcen
<i>RRK</i>	Restraumkosten [ $\text{€}$ ]
<i>s</i>	Entfernung zwischen zwei Betriebseinheiten [ $\text{Meter}$ ]
<i>SEF</i>	Sondereinzelkosten der Fertigung [ $\text{€}/\text{Stück}$ ]
<i>SEVt</i>	Sondereinzelkosten des Vertriebs [ $\text{€}/\text{Stück}$ ]
<i>SMEK</i>	Sondermaterialeinzelkosten [ $\text{€}/\text{Stück}$ ]
<i>SK</i>	Selbstkosten [ $\text{€}$ ]
<i>t</i>	Anzahl Transportmittel
<i>T<sup>AR</sup></i>	Dauer des Zustands „Arbeiten“ an einer Maschine [ $h$ ]
<i>T<sup>BL</sup></i>	Dauer des Zustands „Blockiert“ an einer Ressource [ $h$ ]
<i>T<sup>BE</sup></i>	Dauer des Zustands „Beladen“ an einem Unstetigförderer [ $h$ ]
<i>T<sup>EN</sup></i>	Dauer des Zustands „Entladen“ an einem Unstetigförderer [ $h$ ]

---

$T^{HZ}$	Hilfszeit an einer Maschine [h]
$T^{LA}$	Lastlaufzeit an einer Maschine [h]
$T^{LE}$	Leerlaufzeit an einer Maschine [h]
$T^{LF}$	Dauer des Zustands „Leerfahrt“ eines Unstetigförderers [h]
$T^N$	Nutzungszeit einer Ressource [h]
$T^{ND}$	voraussichtliche Nutzungsdauer eines Betriebsmittels [Jahre]
$T^P$	Dauer der Betrachtungsperiode [h]
$T^{PA}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Arbeiten“ [h]
$T^{PBE}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Beladen“ [h]
$T^{PEN}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Entladen“ [h]
$T^{PLE}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Leerfahrt“ [h]
$T^{PR}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Rüsten“ [h]
$T^{PS}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Service“ [h]
$T^{PTR}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Transport“ [h]
$T^{PW}$	Einsatzdauer einer Personalressource für die Aktion „Teilewechsel“ [h]
$T^{RU}$	Dauer des Zustands „Rüsten“ an einer Maschine [h]
$T^{SE}$	Dauer des Zustands „Service“ an einer Ressource [h]
$T^{TF}$	Dauer des Zustands „Transport“ eines Unstetigförderers [h]
$T^{TR}$	Dauer des Zustands „Transportiert“ an einem Stetigförderer [h]
$T^{TW}$	Dauer des Zustands „Teilewechsel“ an einer Maschine [h]
$T^{WA}$	Dauer des Zustands „Warten auf Werker Arbeiten“ an einer Maschine [h]
$T^{WF}$	Dauer des Zustands „Warten auf Werker Fahrzeug“ an einem Unstetigförderer [h]
$T^{WR}$	Dauer des Zustands „Warten auf Werker Rüsten“ an einer Maschine [h]
$T^{WS}$	Dauer des Zustands „Warten auf Werker Service“ an einer Ressource [h]

$T^{WT}$	Dauer des Zustands „Warten auf Werker Teilewechsel“ an einer Maschine [h]
$TPK$	transportbedingte Teilprozesskosten [€]
$VGKS$	variabler Gemeinkostensatz der indirekten Fertigungsbereiche [€/Auftrag]
$VM$	Verbaumenge [Stück/Baugruppe]
$V_iGK$	Vertriebsgemeinkosten [€]
$V_iGKZ$	Vertriebsgemeinkostenzuschlagssatz [%]
$V_wGK$	Verwaltungsgemeinkosten [€]
$V_wGKZ$	Verwaltungsgemeinkostenzuschlagssatz [%]
$z$	Anzahl unterschiedlicher Ressourcenzustände
$ZEG$	Zielerfüllungsgrad [%]
$ZHK$	Zielherstellkosten [€]
$ZKD$	Zielkostendifferenzen [€]
$ZKS$	Variabler und zeitbasierter Kostensatz [€/h]
$ZS$	Zinssatz [%]

### Anmerkung:

Aufgrund der unterschiedlichen Notationen bestehender Arbeiten auf den Themengebieten der Fabrikplanung und Kostenrechnung wird auf die Erläuterungen in den entsprechenden Abschnitten verwiesen.



# 1 Einführung

## 1.1 Ausgangssituation

Die industrielle Produktion hat sich seit Taylor, Weber und Fayol stetig verändert (vgl. Kieser 2001, S. 39ff.; Steinmann & Schreyögg 1993, S. 43). Während der Fokus der Produktionssysteme der 50er und 60er Jahre auf der Massenproduktion lag, rückte in den 70er Jahren aufgrund des abnehmenden Wachstums und der Wende zu Nachfragemärkten die Automatisierung und Rationalisierung zunehmend in den Mittelpunkt produktionstechnischer Systeme. Die 80er Jahre waren maßgeblich durch die zunehmende Verbreitung und Leistungsfähigkeit der Computertechnologie und die daraus resultierenden CIM-Konzepte (Computer Integrated Manufacturing) geprägt. Bedingt durch die Individualisierung der Lebensstile standen in den 90er Jahren die Themen der Variantenfertigung, Flexibilität und Wandlungsfähigkeit im Mittelpunkt produktionstechnischer Systeme. Die Kundenorientierung wurde dabei zum entscheidenden Antrieb des Wettbewerbs (SPUR 2006, S. 6). Dieses Jahrzehnt steht nun unzweifelhaft im Zeichen der Globalisierung (SCHUH 2005, S. 174).

Damit Unternehmen im globalen Wettbewerb bestehen können, ist es erforderlich, Kundenbedürfnisse unter besonderer Beachtung wirtschaftlicher Aspekte optimal zu bedienen. Dies beinhaltet die konkrete Forderung nach einer raschen Anpassung an veränderte Marktbedingungen, um einen Verlust an Marktanteilen zu vermeiden (GÜNTNER ET AL. 2004). Insbesondere die steigende Marktdynamik und der erhöhte Kostendruck zwingen Industrieunternehmen zur ständigen innovativen Anpassung ihrer Fabrik- und Produktionsstrukturen an veränderte Bedingungen (GRUNDIG 2006, S. 2). Erfolgreiche Unternehmen brauchen die Fähigkeit zur schnellen Aktion, zur schnellen Reaktion und zur schnellen Anpassung an neue Gegebenheiten (MILBERG 2004, S. 21). Die Produktionswirtschaft der Zukunft wird daher unter zunehmendem Zeitdruck stehen (SPUR 2006, S. 6). Denn nur die erfolgreiche Gestaltung und Weiterentwicklung industrieller Wertschöpfung – möglichst am Standort Deutschland – kann auf Dauer unseren Lebensstandard und die Errungenschaften der sozialen Marktwirtschaft absichern. Die Produktion bildet nach wie vor das Rückgrat einer modernen, im globalen Wettbewerb stehenden Industrie-, Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft. Umfassendes Wissen auf den Gebieten der Fabrik- und Produktionsplanung ist existenziell notwendig (vgl. BRACHT 2002, S. 1).

Vor dem Hintergrund der turbulenten Einflussfaktoren ist festzustellen, dass die Planung der Prozesse, Abläufe und Strukturen eine wettbewerbsentscheidende Bedeutung erhält. Produktionstechnische Systeme sind immer öfter und in kürzerer Zeit umzugestalten oder neu zu planen (WESTKÄMPER 2004, S. 42; DOMBROWSKI & TIEDEMANN 2004, S. 137; ZÄH ET AL. 2003B, S. 329; WIENDAHL & HERNANDEZ 2002, S. 135). „Folglich darf die Planung einer Fabrik nicht mehr als einmaliges Projekt betrachtet werden, sondern die Fabrikplanung muss zu einem kontinuierlichen Prozess werden“ (NYHUIS ET AL. 2004, S. 95). Die treffsichere, planungsmethodische Beherrschung dieser Planungsprozesse ist dabei für die Unternehmen von existentieller Bedeutung (GRUNDIG 2006, S. 2). Ziel der Fabrikplanung ist es daher, trotz der Turbulenz, Dynamik und Komplexität des Umfeldes stets in den Grenzbereichen von Technik und Leistung am wirtschaftlich optimalen Betriebspunkt operieren zu können (WESTKÄMPER 2001C).

Um die Diskrepanz zwischen verkürzten Planungszeiten und der Forderung nach qualitativ hochwertigen Planungsergebnissen zu minimieren, müssen neue Methoden und Werkzeuge entwickelt werden (GÜNTNER ET AL. 2004). Da die Kostenbeeinflussung in den konzeptionellen Planungsphasen besonders groß ist und mit zunehmendem Planungsfortschritt laufend zurückgeht, sind vor allem die Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung der frühen Planungsphasen von besonderer Bedeutung (siehe Abbildung 1-1).

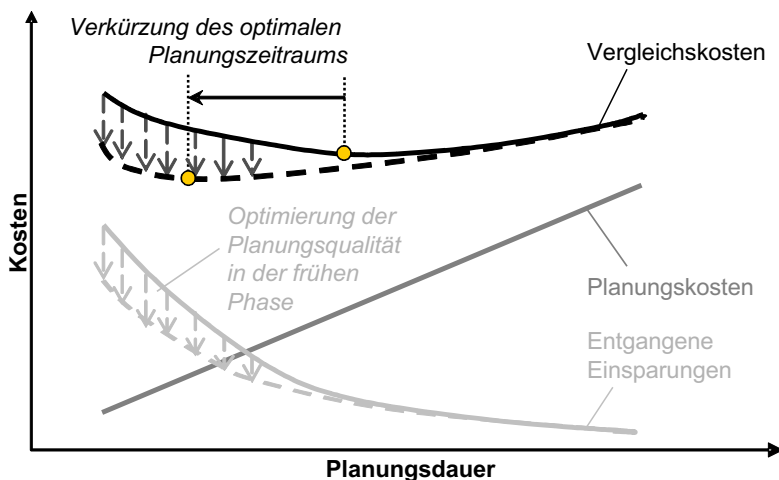


Abbildung 1-1: Der Einfluss der Optimierung der Planungsqualität in der frühen Planungsphase (in Anlehnung an FREY 1975, S. 8 und KETTNER ET AL. 1984, S. 7)

Um den steigenden Anforderungen an die Fabrikplanung gerecht werden zu können, wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl softwaretechnischer Systeme zur Unterstützung des Planungsprozesses entwickelt. Die Verknüpfung der verschiedenen Planungs- und Simulationstools zu einem ganzheitlichen Planungsverbund wird unter dem Begriff der sog. *Digitalen Fabrik* zusammengefasst. Mit Hilfe der Werkzeuge der Digitalen Fabrik soll eine Abbildung aller Prozesse, Produkte und Ressourcen einer Fabrik in einem digitalen Modell ermöglicht werden, um diese bereits vor der Realisierung bewerten und optimieren zu können (BLEY & FRANKE 2001, S. 214; WESTKÄMPER 2001A, S. 14; WIENDAHL 2002, S. 121; SCHRAFT & KUHLMANN 2006, S. 17).

Der heutige Stand der Technik ermöglicht es bereits, komplexe Aufgaben im Industrial Engineering zu bearbeiten. Das Industrial Engineering erhält durch die Werkzeuge der Digitalen Fabrik enorme Hilfsmittel, die es befähigen werden, Veränderungsprozesse schneller und präziser zu planen und durchzuführen (BDI 2005, S. 13; ZÄH ET AL. 2005C, S. 175). Der Aufwand zur effektiven Nutzung der Digitalen Fabrik und ihrer Werkzeuge ist jedoch noch zu hoch (BDI 2005, S. 13). Die kommerziellen Werkzeuge der führenden Anbieter sind auf Großunternehmen mit hochqualifizierten Spezialisten aus großen Fachabteilungen zugeschnitten (KAPP ET AL. 2005, S. 191; WIENDAHL ET AL. 2005, S. 242). Insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen müssen daher noch Wege gefunden werden, die Effizienz einer robusten, adaptiven Produktion mit Hilfe der Digitalen Fabrik zu realisieren (BDI 2005, S. 13).

## 1.2 Zielsetzung und Struktur der Arbeit

Aus der beschriebenen Ausgangssituation wird als zentrale Problemstellung für diese Arbeit die Entwicklung einer Methodik zur effizienten Unterstützung der kontinuierlichen Planung und Optimierung produktionstechnischer Systeme abgeleitet. Vor dem Hintergrund der verkürzten Planungs- und Realisierungszeiträume und dem stetig steigenden Kostendruck müssen die Planer mit Hilfe der oben genannten Methodik in die Lage versetzt werden, kurzfristig alternative Produktionskonzepte zu gestalten und abgesicherte Aussagen über die technischen und wirtschaftlichen Aspekte zu treffen.

Ziel dieser Arbeit ist dementsprechend die Konzeption und Realisierung einer softwarebasierten Methodik zur kontinuierlichen kostenorientierten Planung und Optimierung produktionstechnischer Systeme.

Zur Erreichung der oben genannten Zielsetzung wird die in Abbildung 1-2 dargestellte Gliederung gewählt.

Kapitel 1 - Einleitung

Kapitel 2 - Grundlagen und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs

Kapitel 3 - Situationsanalyse und Handlungsbedarf

Kapitel 4 - Grundkonzeption des Planungstools

Kapitel 5 - Konzeption des monetären Bewertungsmoduls

Kapitel 6 - Vorstellung des realisierten Tools anhand eines Praxisbeispiels

Kapitel 7 - Zusammenfassung und Ausblick

*Abbildung 1-2: Struktur der Arbeit*

Zur genaueren Einordnung der Aufgabenstellung werden in Kapitel 2 zunächst die grundlegenden Zusammenhänge, Begriffe und Inhalte der Fabrikplanung erörtert und definiert. Des Weiteren wird innerhalb dieses Kapitels der Untersuchungsbereich dieser Arbeit sinnvoll eingegrenzt und für die weitere Arbeit entsprechend detailliert.

Zur Herleitung der detaillierten Anforderungen und Umfänge der zu entwickelnden Methodik und des daraus resultierenden Handlungsbedarfs wird in Kapitel 3 die aktuelle Situation der Fabrik- und Produktionsplanung diskutiert. Hierzu werden zunächst die Aspekte der Rechnerunterstützung, der ganzheitlichen Produktionssysteme sowie der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung analysiert und daraus die Anforderungen an die durchgängige Produktionsplanung abgeleitet. Im zweiten Teil dieses Kapitels erfolgt die Diskussion der kommerziellen Hilfsmittel und wissenschaftlichen Ansätze. Abschließend werden die für diese Arbeit relevanten Hilfsmittel und Ansätze anhand der zuvor ermittelten Anforderungen bewertet und daraus der detaillierte Handlungsbedarf abgeleitet.

Die Konzeption der softwarebasierten Methodik zur kontinuierlichen kostenorientierten Planung und Optimierung produktionstechnischer Systeme erfolgt in zwei Stufen. In Kapitel 4 erfolgt zunächst die grundlegende Konzeption des zu entwickelnden Planungstools. Hierbei werden ausgehend von den in Kapitel 3

ermittelten Anforderungen entsprechende Softwaremodule definiert und die wesentlichen Inhalte und Aufgaben der einzelnen Module festgelegt.

Wesentlicher Baustein der zu entwickelnden Methodik ist das kostenbasierte Bewertungsmodul zur wirtschaftlichen Beurteilung neuer oder bestehender Produktionssysteme. Die Konzeption eines geeigneten Kostenrechnungssystems erfolgt daher im zweiten Schritt der Konzeption. Aufgrund des neuartigen Kostenrechnungsansatzes stellt das Kapitel 5 den konzeptionellen Kern dieser Arbeit dar.

Die Vorstellung des im Rahmen dieser Arbeit realisierten Planungstools und der damit verbundenen Planungsmethodik erfolgt in Kapitel 6. Hierzu werden die wesentlichen Inhalte und Gestaltungsmerkmale der realisierten Softwarefunktionalitäten anhand eines konkreten Praxisbeispiels näher erläutert sowie kritisch gewürdigt.

Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der Erkenntnisse und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungsperspektiven der Produktionsplanung.



## 2 Grundlagen und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs

Die Verantwortung des Fabrikplaners ist groß. Um ihr gerecht zu werden, bedarf es einer soliden Daten- und Informationsbasis, praxisgerechter Planungsmethoden sowie geeigneter Planungshilfsmittel, die sozusagen das Werkzeug des Fabrikplaners darstellen. Von entscheidender Bedeutung für den Planungserfolg ist jedoch eine planvolle, durchgängige systematische Vorgehensweise. Der Fabrikplaner muss gedanklich die Zukunft vorwegnehmen und sein Planungsergebnis erarbeiten, das über Jahre hinaus den gestellten Anforderungen in hohem Maße gerecht wird. Unabhängig davon, ob es sich um Neu- bzw. Umplanungen einer Fabrik oder um die Planung eines Teilbereichs handelt, besteht die Planungsaufgabe aus einer Vielzahl eng miteinander verknüpfter Teilaufgaben, die zudem zahlreichen wechselnden inner- und außerbetrieblichen Einflüssen unterliegen.

Für die Entwicklung einer softwarebasierten Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Produktionsplanung sind zunächst die Inhalte und Aufgaben der Fabrik- und Produktionsplanung genauer zu definieren. Daher geht Abschnitt 2.1 einleitend auf die grundlegenden Zusammenhänge und Begriffe innerhalb der Fabrikplanung ein. Abschnitt 2.2 stellt die allgemeinen Inhalte und Prozesse der Fabrikplanung vor. Aufbauend auf den in den Abschnitten 2.1 und 2.2 dargestellten Grundlagen der Fabrikplanung erfolgt in Abschnitt 2.3 die Abgrenzung und Detaillierung des Untersuchungsbereichs dieser Arbeit. In Abschnitt 2.4 werden die wesentlichen Erkenntnisse des Kapitels zusammengefasst und in einem erstes Zwischenfazit bewertet.

### 2.1 Grundlegende Zusammenhänge und Begriffe

Der Begriff *Fabrik* stammt von dem lateinischen Wort *Fabrica* (KETTNER ET AL. 1984, S. 1) und kann mit *Werkstatt* übersetzt werden. Eine verbindliche Definition des Begriffs *Fabrik* existiert in der Fachliteratur nicht. Nach Ansicht von Schmigalla kann eine Fabrik als „industrieller Betrieb, der erwerbs- oder gemeinwirtschaftliche Zwecke verfolgt“ verstanden werden (SCHMIGALLA 1995, S. 34). Hierbei steht insbesondere der „produktionstechnische und produktionsorganisatorische Aspekt im Vordergrund“ (SCHMIGALLA 1995, S. 34). Felix definiert die Fabrik als eine Stätte zur Herstellung eines Produktes durch Umwandlung der Faktoren Boden, Arbeit, Kapital, Energie und Information (FELIX 1998, S.

32). Bei dieser Definition wird die aufgabenbezogene Abgrenzung der Fabrik mit dem räumlichen Verständnis verknüpft. Dieses Verständnis ist auch bei Aggteleky zu finden, der eine aufgaben- und objektbezogene Abgrenzung der Fabrik vornimmt (AGGTELEKY 1987, S. 34, 42).

Der Begriff *Planen* ist in der Fachliteratur mit mehreren unterschiedlichen Definitionen und Begriffserklärungen belegt. Die VDI-Richtlinie 2385 (VDI-RICHTLINIE 2385) definiert den Begriff *Planen* als „Suche nach einer realisierbaren Lösung für eine Aufgabe in befristeter Zeit mit vorgegebenem Kostenaufwand unter Berücksichtigung aller wesentlichen Faktoren und Einflussgrößen“. Der Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation (REFA) definiert Planen als „systematisches Suchen und Festlegen von Zielen sowie im Vorbereiten von Aufgaben, deren Durchführung zum Erreichen der Ziele erforderlich ist“ (REFA 1984). Auch Jünemann sieht in der Aktion des Planes eine in die Zukunft gerichtete Aktivität, bei der die gedankliche und modellhafte Gestaltung einer Lösung anhand einer gegebenen Aufgabenstellung im Vordergrund steht (JÜNEMANN & SCHMIDT 1999).

Nach Ansicht von Aggteleky ist die Fabrikplanung „ein Teilgebiet der Unternehmensplanung und hat die optimale Gestaltung und rationelle Verwirklichung von Investitionsvorhaben zum Gegenstand“ (AGGTELEKY 1987, S. 26). Bei Wiendahl umfasst die Fabrikplanung „die Planung und Auslegung industrieller Produktionsstätten sowie die Überwachung der Realisierung bis zum Anlauf der Produktion“ (WIENDAHL 1996, S. 9-1). Nach Lehmann umfasst die Fabrikplanung sowohl die völlige Neuplanung von Produktionssystemen, als auch die Umstellung oder Erweiterung bestehender Betriebe (LEHMANN 1997, S. 7). Zusammenfassend lässt sich der Umfang und Inhalt der Fabrikplanung in Anlehnung an Kudlich am besten wie folgt definieren (KUDLICH 2000, S. 12):

„Ziel der Fabrikplanung ist die systematische Entwicklung von zukünftigen Betriebsstrukturen sowie die Auswahl der am besten geeigneten Alternative anhand einer Zielformulierung, die alle Einflussfaktoren berücksichtigt“.

Zur Beschreibung und Festlegung der Planungsobjekte der Fabrikplanung wird innerhalb dieser Arbeit die Fabrik als Produktionssystem im Sinne der Systemtechnik betrachtet (vgl. DAENZER & HUBER 1999; WIENDAHL 2005, S. 9). Nach Eversheim ist ein Produktionssystem „eine technisch, organisatorisch (und kostenrechnerisch) selbständige Allokation von Potenzial- und Mittelfaktoren zu Produktionszwecken“ (EVERSHEIM 1992, Sp. 2058; KERN 1979, Sp. 1481; GUTENBERG 1983, S. 2ff.). Es umfasst alle Elemente und Relationen zwischen



Elementen, die zur vollständigen Erstellung eines Produktes erforderlich sind (EVERSHEIM 1992, Sp. 2059). Hierzu zählen neben Elementen des technischen Herstellungsprozesses auch die zur Planung und Steuerung des Produktionsprozesses notwendigen organisatorische Elemente (DOHMS 2001, S. 11). Produktionssysteme setzen sich meist aus Subsystemen zusammen und sind ihrerseits Elemente übergeordneter Systeme (EVERSHEIM 1996B, Sp. 1534ff.).

Sowohl in der Literatur als auch in der Praxis werden i.d.R. drei hierarchische Ebenen innerhalb eines Produktionssystems unterschieden: Fabrik, Bereich und Station (MILBERG ET AL. 1996, S. 10.46, HABICH 1990, S. 89; JONAS 2000, S. 59; MENZEL 2000, S. 29; REFA 1987, S. 30; WESTKÄMPER & BRIEL 2001, S. 350; ZUBER ET AL. 2001, S. 310). Bei komplexen Produktionssystemen ist ggf. die Einführung zusätzlicher Ebenen, wie z.B. Gebäude- oder Geschossebenen, sinnvoll (vgl. Abbildung 2-1).

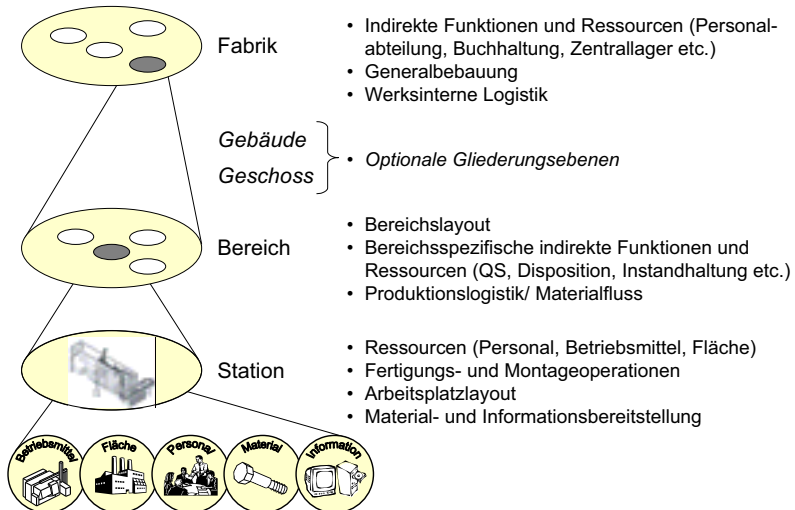


Abbildung 2-1: Elemente und Struktur eines Produktionssystems (in Anlehnung an SCHMIDT 2003, S. 11)

Eine Fabrik stellt die oberste Ebene eines Produktionssystems dar und setzt sich i. Allg. aus einzelnen Bereichen oder ggf. einzelnen Gebäuden oder Geschossebenen zusammen.

Die Bereichsebene setzt sich aus einzelnen Arbeitsplätzen bzw. Stationen innerhalb eines Bereiches zusammen. Auf der untersten Hierarchieebene der betrachteten Subsysteme stehen die einzelnen Arbeitsplätze bzw. Stationen

(DANGELMAIER 1999, S. 41). Stationen werden aus Ressourcen gebildet, die i.d.R. als Basiselemente eines jeden Produktionssystems aufgefasst werden (HARTMANN 1993, S. 55ff.).

Die Ressource Betriebsmittel umfasst alle Maschinen, Anlagen, Vorrichtungen, Werkzeuge und Hilfsmittel für Fertigung, Montage, Transport, Lagerung etc. (EVERSHEIM 1996, S. 76; HEUMANN 1993). Die Ressource Fläche beinhaltet die umbauten Flächen und somit auch gebäudetechnische Aspekte. Der Begriff *Personal* bezieht sich sowohl auf direkte als auch indirekte Tätigkeiten. Material umfasst alle Umlaufbestände im Prozess, d.h. alle Baugruppen und Einzelteile sowie Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die sich in der Bearbeitung oder in Puffern und Lagern befinden. Die Ressource Information beinhaltet alle für die Durchführung und Steuerung der Prozesse in einem Produktionssystem erforderlichen Informationen und Dokumente.

Nach der Klärung der wesentlichen Begriffe und Zusammenhänge der Fabrikplanung werden nachfolgend die grundlegenden Inhalte und Prozesse der Fabrikplanung erläutert.

### **2.2 Inhalte und Prozesse der Fabrikplanung**

Der Fabrikplanungsprozess ist durch eine Vielzahl komplexer Entscheidungsprobleme geprägt, für deren Lösung ein systematisches und iteratives Vorgehen zweckmäßig ist (AGGTELEKY 1987; KETTNER ET AL. 1984, S. 4). Charakteristisch hierbei ist, wie bei den meisten komplexen Entscheidungsprozessen, der kaskadenartig gestufte Planungsprozess mit einem von Stufe zu Stufe zunehmendem Detaillierungsgrad. Die Bildung und Bewertung von alternativen Lösungskonzepten ist hierbei von besonderer Bedeutung, da hierdurch zwangsläufig Iterationsschleifen durchlaufen werden müssen und so zu einer früheren Planungsstufe zurückgesprungen und durch Überarbeitung eine Verbesserung der Lösung vorangetrieben wird. Aufgrund der häufigen Iterationsschritte gibt es meist keine klare Abgrenzung zwischen den einzelnen Planungsstufen, sondern fließende Übergänge (KETTNER ET AL. 1984, S. 5).

Das in Abbildung 2-2 dargestellte stufenweise Vorgehen bei der Planung wird nicht allein durch den Weg „vom Groben zum Feinen“, sondern auch durch die vielfach wiederkehrenden Schritte „vom Idealen zum Realen“ charakterisiert (KETTNER ET AL. 1984, S. 5; AGGTELEKY 1987; GRUNDIG 2000, S. 20).

### 3 Situationsanalyse und Handlungsbedarf

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die in der Literatur beschriebenen Anforderungen, Methoden und Werkzeuge der Produktionsplanung. Abschnitt 3.1 geht hierzu zunächst auf die Bedeutung und Werkzeuge der rechnergestützten Fabrik- und Produktionsplanung ein. In Abschnitt 3.2 erfolgt die Herleitung der Anforderungen, die aus dem Einsatz der Fabrikplanung innerhalb Ganzheitlicher Produktionssysteme resultieren. Die Bedeutung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung innerhalb der Fabrikplanung erörtert Abschnitt 3.3. Innerhalb des Abschnitts 3.4 erfolgt die Herleitung des Anforderungskatalogs zur kontinuierlichen und kostenorientierten Produktionsplanung. Abschnitt 3.5 gibt einen Überblick über die Stärken und Schwächen relevanter Hilfsmittel und Ansätze und leitet daraus den Handlungsbedarf für die weitere Arbeit ab. In Abschnitt 3.6 erfolgt die Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse und Festlegung der weiteren Vorgehensweise.

#### 3.1 Einsatz der rechnergestützten Fabrikplanung

Ziel der Fabrik- und Produktionsplanung ist laut Kettner die Schaffung eines technisch einwandfreien und wirtschaftlichen Ablaufs der Produktionsprozesse. Hierbei sind neben den vielen kurz- und mittelfristigen Rahmen- und Randbedingungen auch die langfristigen Entwicklungsperspektiven zu berücksichtigen. Die gleichzeitige Erfüllung der kurz- und langfristigen Anforderungen an das zu konzipierende Produktionssystem macht eine hohe Flexibilität der modernen Fabrikplanung unerlässlich (KETTNER ET AL. 1984).

##### 3.1.1 Notwendigkeit der rechnergestützten Produktionsplanung

Die oben genannte Flexibilität bei der Planung komplexer Produktionssysteme kann mit konventionellen Hilfsmitteln jedoch nur schwer erreicht werden, da schon die Veränderung von wenigen Anlagenparametern weitreichende Auswirkungen auf die bisherigen Planungen mit sich bringen kann. Diese Änderungen sind dabei nicht nur auf äußere Einflüsse zurückzuführen, wie z.B. die Änderung von Mengen, sondern können sich auch aus den Ereignissen der bisherigen Planung ergeben. Beispiel hierfür ist u.a. die Veränderung der Produktionssteuerung, wodurch sich die Dimensionen der Lager verändern und somit eine Veränderung des Flächenbedarf für das Gesamtsystem resultiert. Die Fabrikplanung unterliegt daher keinem geradlinigen Verlauf, sondern ist vielmehr

durch einen iterativen Prozess geprägt, der mit manuellen Planungsmethoden kaum oder nur mit erheblichem Personaleinsatz zu bewältigen ist. Durch die iterativen Planungsschleifen wird ein Großteil der Planungszeit für immer wiederkehrende Routineaufgaben benötigt und so das Kreativpotenzial des Planers auf ein Minimum reduziert.

Zielsetzung der rechnergestützten Fabrikplanung ist daher, die Minimierung der immer wiederkehrenden Routineaufgaben, um so die Planung auf ausreichend breiter Basis durchführen zu können. Nur wenn in den Vor- und Grobplanungsphasen möglichst viele Alternativen entwickelt und bewertet werden, kann sichergestellt werden, dass bei der Suche nach der optimalen Lösung keine Lösungsmöglichkeiten vorschnell übergangen werden, wenn sie auf den ersten Blick zu ausgefallen oder kompliziert erscheinen. Der gezielte Rechneinsatz ermöglicht jedoch die Konzeption und Bewertung vieler unterschiedlicher Lösungsvarianten. Besondere Bedeutung muss dabei der Bewertung der einzelnen Lösungsvarianten beigemessen werden, da nur mit Hilfe einer ausgereiften Bewertungsmethodik der Lösungsraum für die weiteren Planungsphasen zielgerichtet eingeschränkt werden kann (vgl. Abbildung 3-1).

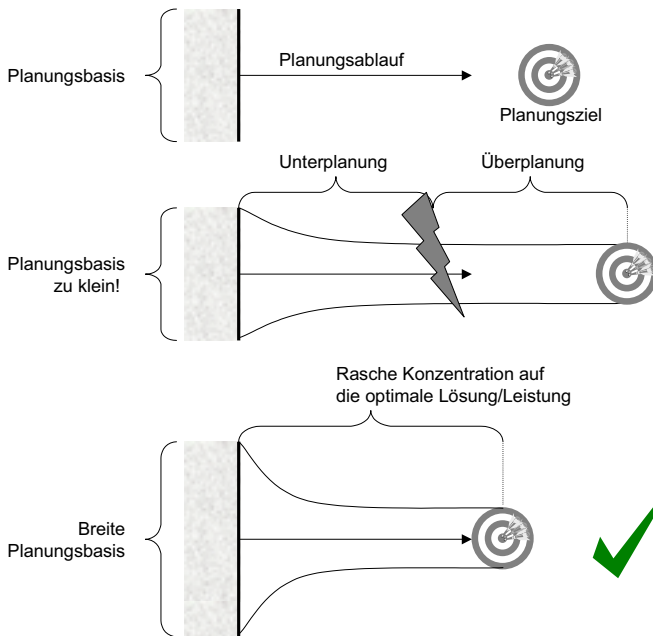


Abbildung 3-1: Gestaltung der Planung (SCHARF ET AL. 2001, S. 4)

Zusammenfassend sind bei der flexiblen Fabrikplanung daher folgende Randbedingungen zu berücksichtigen (PRÖLL 1992):

- Ständige Erneuerung zwingt zu Planungskreisläufen.
- Umfang und Komplexität der Planung sind vor dem Hintergrund wachsender Datenbestände nur noch rechnergestützt zu bewältigen.
- Der Zwang zur Wirtschaftlichkeit erfordert, den Aufwand für Planung und Realisierung zu senken.

Der Einsatz rechnergestützter Methoden und Hilfsmittel ist somit ein maßgeblicher Baustein, die Arbeit des Fabrikplaners wesentlich zu beschleunigen und gleichzeitig die Qualität der Planungsergebnisse entscheidend zu verbessern.

#### 3.1.2 Einfluss der Digitalen Fabrik auf die Fabrikplanung

Zur Unterstützung des Fabrikplanungsprozesses stehen heute verschiedene Simulations- und Planungssysteme zur Verfügung. Trotz der stetig steigenden Leistungsfähigkeit dieser Softwaresysteme wird von den meisten Systemen nur ein Teil der Aufgaben der Fabrikplanung abgedeckt. Sie stellen somit auf den speziellen Anwendungsfall zugeschnittene Insellösungen dar (BLEY & FRANKE 2001, S. 214; EVERSHEIM ET AL. 2001, S. 151; WESTKÄMPER 2001A, S. 12; WESTKÄMPER 2001B, S. 299; WIRTH ET AL. 2001, S. 328).

Die Verknüpfung der verschiedenen Planungs- und Simulationstools wird sowohl in der Praxis als auch in der Literatur unter dem Begriff der Digitalen Fabrik zusammengefasst (BLEY & FRANKE 2001, S. 214; FUSCH & KRESS 2001, S. 54; JOOSTEN ET AL. 2001, S. 315ff.; OSTERMANN 2001, S. 24ff.; RAUH 1998, S. 19ff.; WESTKÄMPER 2001A, S. 14; WIENDAHL 2002, S. 121; SCHRAFT & KUHLMANN 2006, S. 17).

Westkämper definiert als Zielsetzung der Digitalen Fabrik „.... die Vernetzung zwischen allen Planungsebenen der Fabrikplanung herzustellen. Ergebnis ist ein skalierbares Modell der Fabrik, in dem der Datenaustausch zwischen der Planungsebene der technischen Prozesse, der Ebene der Planung von Strukturen und Abläufen in einzelnen Produktionssystemen und der Ebene der strategischen Planung gesamter Unternehmens- und Zulieferketten ermöglicht wird“ (WESTKÄMPER ET AL. 2001, S. 305).

Wiendahl, Eversheim, Bley, Zäh u.a. sehen die wesentlichen Nutzenpotenziale beim Einsatz digitaler Fabrikmodelle in der Reduzierung der Planungszeit, der

Erhöhung der Planungsqualität, der Vermeidung von Planungsfehlern sowie in der Verkürzung der Anlaufphase eines Produktionssystems (EVERSHEIM ET AL. 2001, S. 152ff.; WIENDAHL & HERNANDEZ 2002, S. 134; BLEY ET AL. 2006, S. 20; ZÄH & SCHACK 2006, S. 11).

Ursprünglich unterschied Westkämper zwischen der Digitalen Fabrik und der Virtuellen Fabrik. Während sich die Digitale Fabrik dabei auf die Abbildung der Maschinen, Anlagen und Betriebsmittel in digitaler bzw. auch dreidimensionaler Form beschränkte, stellte die Virtuelle Fabrik ein Abbild des dynamischen Verhaltens der Fabrik dar (WESTKÄMPER 2001A, S. 14; WESTKÄMPER & BRIEL 2001; S. 351ff.). Hierzu ist anzumerken, dass sich diese Begriffsdefinition, wie nachfolgend dargestellt, in der Literatur nicht durchgesetzt hat.

Nach der sich in Vorbereitung befindenden VDI-Richtlinie 4499 *Digitale Fabrik* ist die Digitale Fabrik „... der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – unter anderem der Simulation und 3D-Visualisierung –, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden“ (BLEY ET AL. 2006; S. 20).

Nach Ansicht von Zäh besteht sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie nach wie vor ein heterogenes Verständnis zu den Inhalten der Digitalen Fabrik (ZÄH ET AL. 2003A; ZÄH ET AL. 2002). Er schlägt daher eine Strukturierung der Digitalen Fabrik hinsichtlich der zeitlichen Merkmale *Produktentstehung* und *Produktion* sowie der inhaltlichen Merkmale *Methoden*, *Werkzeuge* und *Benutzerschnittstellen* vor (ZÄH & SCHACK 2006; S. 11). Auch die von Reinfelder getroffene Einschätzung, dass 20 Prozent der Planungsverbesserung durch neue Software-Lösungen, 80 Prozent jedoch durch veränderte Arbeitsabläufe und Denkweisen der Mitarbeiter erreicht werden kann (REINFELDER & KOTZ 2002), unterstreicht die Bedeutung der Methoden der Digitalen Fabrik.

Trotz der zunehmenden Bedeutung der Methoden, stellen die Software-Lösungen nach wie vor ein zentrales Element der Digitalen Fabrik dar. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass der Planungsprozess aufgrund der zunehmenden Produktkomplexität und den immer kürzeren Produktlebenszyklen nur durch den Einsatz leistungsfähiger rechnergestützter Hilfsmittel bewerkstelligt werden kann (BLEY ET AL. 2006; S. 20).

Während der Software-Einsatz innerhalb der Produktentwicklung sowohl im 2D- als auch im 3D-Bereich auf eine relativ überschaubare Anzahl an CAD-Systemen begrenzt ist, stellt sich bezüglich der IT-Unterstützung in der Planung von Produktionseinrichtungen ein völlig anderes Bild dar. Auf Grund der vielfäl-

## 4 Grundkonzeption des Planungstools

Die Konzeption der softwarebasierten Methodik zur kontinuierlichen kostenorientierten Planung und Optimierung produktionstechnischer Systeme erfolgt in zwei Stufen (vgl. Abschnitt 3.6). Innerhalb dieses ersten konzeptionellen Kapitels werden die grundlegenden Gestaltungsmerkmale des zu entwickelnden Planungstools festgelegt. Als Vorbereitung dieser grundlegenden Konzeption werden in Abschnitt 4.1 zunächst die in Abschnitt 2.3 dargestellten Gestaltungselemente und Planungsfunktionalitäten in entsprechende Softwaremodule klassifiziert. Die Spezifikation der wesentlichen Inhalte und Aufgaben der einzelnen Softwaremodule erfolgt in den Abschnitten 4.2 bis 4.7.

### 4.1 Festlegung der Softwaremodule

Ausgangsbasis für die Definition der oben genannten Softwaremodule ist der in Abschnitt 2.3.2 vorgestellte Ansatz zur Gliederung der Produktionsplanung, mit dessen Hilfe die relevanten Betrachtungselemente in die in Abbildung 4-1 dargestellten Softwaremodule überführt werden können.

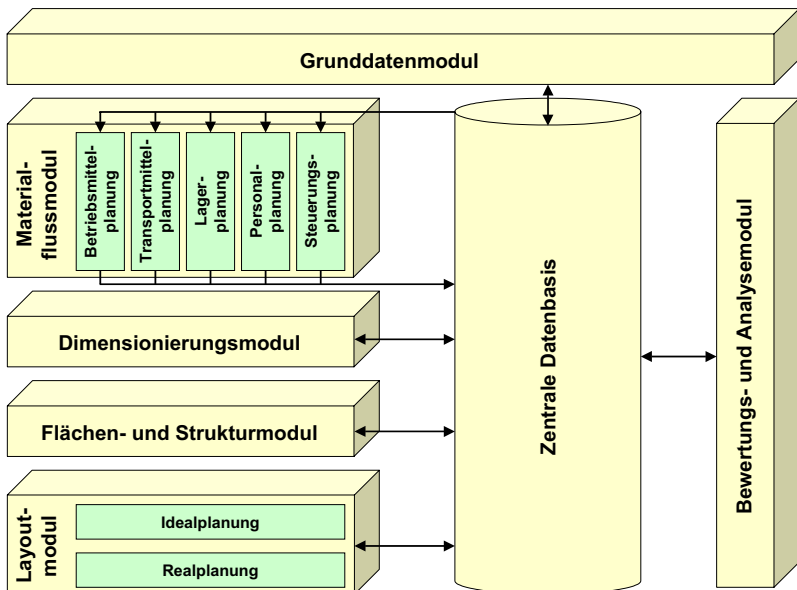


Abbildung 4-1: Softwaremodule zur kontinuierlichen und kostenorientierten Produktionsplanung

Wie aus Abbildung 4-1 ersichtlich, steht die zentrale Datenbasis im Mittelpunkt des Planungstools. Alle innerhalb der einzelnen Softwaremodule generierten Daten werden in dieser Datenbasis gespeichert und verwaltet. Hierdurch können die einzelnen Planungsaufgaben sowohl sequenziell als auch parallel bearbeitet werden. Die Beschreibung der wesentlichen Inhalte und Aufgaben der weiteren Softwaremodule erfolgt in den folgenden Abschnitten.

### 4.2 Inhalte und Aufgaben des Grunddatenmoduls

Innerhalb des Grunddatenmoduls erfolgt die Verwaltung und Modifikation der grundlegenden Planungsdaten. Durch die im System zu implementierenden Schnittstellen können diese Daten mit den vor- oder nachgelagerten Systemen, wie z.B. der Prozessplanung, ausgetauscht werden. Als wesentliche Grunddaten sind hierbei folgenden Planungsdaten zu nennen:

- **Produktionsablaufplan**

Der Produktionsablaufplan enthält alle Informationen, die zur Beschreibung des Herstellprozesses eines Produktes notwendig sind und stellt somit eine der wichtigsten Eingangsinformation für die Fabrikplanung dar (KETTNER ET AL. 1984 S. 94). Je nach Detaillierungsgrad und Planungsfortschritt enthält der Produktionsablaufplan mehr oder weniger detaillierte Informationen. Beim niedrigsten Detaillierungsgrad enthält der Produktionsablaufplan nur die chronologisch aufsteigend geordneten Technologieinformationen, die zur Herstellung eines Produktes notwendig sind. Mit zunehmendem Planungsfortschritt wird der Ablaufplan um weitere produktspezifische Informationen ergänzt. Die detaillierteste Stufe des Arbeitsablaufplanes stellt der sog. Arbeitsplan dar. Innerhalb des Arbeitsplanes erfolgt die detaillierte Beschreibung der einzelnen Arbeitsschritte bzw. Arbeitsvorgänge (AVO), die für die Herstellung eines Produktes notwendig sind (AGGTELEKY 1982, S. 439; REFA 1987; KETTNER ET AL. 1984). Wesentliche Informationen hierbei sind die auf den jeweiligen Betriebsmitteln notwendigen Durchführungszeiten, die meist nach Rüst- und Bearbeitungszeiten unterschieden werden. Üblicherweise werden alle Arbeitsgänge eines Arbeitsplans sequenziell abgearbeitet. Die Arbeitsgänge werden hierzu in aufsteigender Folge durchnummeriert. Moderne Fertigungsverfahren lassen jedoch Alternativen zu, die ebenfalls in den Arbeitsplänen gepflegt werden. Dadurch werden der Fertigung größere Freiheitsgrade gegeben, so dass kurzfristig reagiert werden kann (Loos 1992, S. 134ff.)



- **Produktstrukturplan**

Der Produkt- bzw. Erzeugnisstrukturplan enthält alle Informationen, die zur Beschreibung der Struktur eines Produktes notwendig sind (KETTNER ET AL. 1984 S. 96; REFA 1987). Meist erfolgt die Hinterlegung dieser Information in Form der sog. Stücklisten (vgl. AGGTELEKY 1982, S. 442).

In den Stücklisten ist hinterlegt, aus welchen Materialien ein Produkt hergestellt wird. Damit geben die Stücklisten im produktionswirtschaftlichen Sinn die Beziehungen und die Verhältnisse von Produktionsinput in Form von Repetierfaktoren, d.h. der Verbrauchsmenge an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie Einzelteilen, die in den Produktionsprozess einfließen, und dem Produktionsoutput in Form von Produkten wieder. In der Literatur werden meist die Grundtypen der Mengenübersichtsstückliste, der Strukturstückliste sowie der Baukastenstückliste unterschieden (vgl. ZÄPFEL 1991). Da sich aus der Baukastenstückliste alle anderen Stücklistentypen generieren lassen und der Pflegeaufwand aufgrund der nicht vorhandenen Redundanzen am geringsten ist, werden Stücklisteninformationen in der Regel in Form der Baukastenstückliste gespeichert und daher auch diesem Planungstool zugrunde gelegt. Bei Baukastenstücklisten werden nur die direkt eingehenden Materialien mit dem Produktionskoeffizient, d.h. die zur Herstellung einer Baugruppe benötigte Einsatzmenge, angegeben. Um die in Abschnitt 4.7 gestellte Anforderung der Berücksichtigung von Trenn- bzw. Demontageprozessen nachkommen zu können, sind die hieraus resultierenden Strukturinformationen ebenfalls in die Baukostenstückliste zu integrieren.

- **Auftrags- und Lieferdaten**

Mit Hilfe der Auftragsdaten, in der Literatur auch unter dem Begriff *Programmplan* bekannt (KETTNER ET AL. 1984, S. 42), erfolgt die Beschreibung des Kundenverhaltens. In der Produktionsprogrammplanung werden Art, Menge und Fertigungstermine der Enderzeugnisse (Primärbedarf) festgelegt. Im Rahmen der Fabrikplanung werden hierzu entsprechende Abruf- bzw. Bestellszenarien generiert, die im Wesentlichen die Informationen über die kundencharakteristischen Bestellintervalle und Bestellmengen für die jeweiligen Endprodukte (Primärprodukte) enthalten. Auf Basis dieser Daten kann somit eine Ermittlung der Primärbedarfe erfolgen. Der Detaillierungsgrad der Bestellszenarien ist wiederum vom Planungsfortschritt bzw. der Zielsetzung der Planung abhängig. So reicht z.B. im Rahmen der Grobplanung meist die Festlegung des durchschnittlichen Bestellintervalls und der durchschnittlichen Bestellmenge für die anschließende Grobdimensionierung aus. Für die

kontinuierliche Analyse und Optimierung bestehender Produktionssysteme sind dem Planungstool jedoch die realen Abrufszenerarien zu hinterlegen (vgl. VDA-RICHTLINIE 4905).

Gleiches gilt für die Spezifikation der Lieferantendaten für die Rohmaterialien (Sekundärprodukte). Durch die Verknüpfung der aus den Bestellszenarien resultierenden Primärbedarfe mit dem Produktstrukturplan wird die Ermittlung der Rohteilbedarfe (Sekundärbedarfe) und somit des gesamten Mengengerüsts ermöglicht (AGGTELEKY 1982, S. 442). Die Lieferszenarien enthalten im Wesentlichen Informationen über die lieferantencharakteristischen Mindestbestellmengen und Lieferzeiten für die jeweiligen Sekundärprodukte.

### 4.3 Inhalte und Aufgaben des Materialflussmoduls

Der Materialfluss wird gemäß VDI-Richtlinie (VDI-RICHTLINIE 2411; VDI-RICHTLINIE 3330) definiert als „Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie beim Verteilen von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche. Dazu gehören im einzelnen: Bearbeiten, Handhaben, Transportieren, Prüfen, die Aufenthalte und Lagerung“.

Der Bereich, in dem der Materialfluss gestaltet wird, kann beliebig groß sein. Man unterscheidet daher eine stufenartige Ordnung des Materialflusses (VDI-RICHTLINIE 3330). Der Materialfluss

- erster Ordnung umfasst die Transporte zwischen dem Werk und seinen Lieferanten oder Abnehmern, oder zwischen den Werken allgemein (Gesamtsystem).
- zweiter Ordnung umfasst die Transporte innerhalb eines Werksgeländes zwischen verschiedenen Betriebsstätten (Betriebs- bzw. Werkstätten).
- dritter Ordnung umfasst die Transporte zwischen einzelnen Abteilungen einer Betriebsstätte oder zwischen einzelnen Betriebsmitteln innerhalb einer Abteilung (Arbeitsplätze, Maschinen).
- vierter Ordnung umfasst den Transport innerhalb eines Arbeitsplatzes (Handhabung am Arbeitsplatz).

Wegen der oft mit sehr hohen Kosten verbundenen technischen Ausgestaltung, der bei einigen automatisierten Materialflusskonzepten häufig unmittelbaren Verknüpfung mit den Fertigungseinrichtungen und aufgrund des meist beachtlichen Organisationsaufwandes für eine störungsfreie Transportsteuerung ver-

## 5 Konzeption des monetären Bewertungsmoduls

Wie die in Kapitel 3 durchgeführte Situationsanalyse der Fabrikplanung zeigt, gewinnt die umfassende monetäre Bewertung produktionstechnischer Systeme zunehmend an Bedeutung.

Da letztlich die Maximierung der Wirtschaftlichkeit das übergeordnete Ziel eines Unternehmens darstellt, bestimmt sie das Zielsystem der Produktion und ist demzufolge als oberste Bewertungsbasis anzusehen (vgl. Abschnitt 3.3). Die Berechnung der zu erwartenden Herstellkosten für jede einzelne Systemalternative ermöglicht somit die objektive Auswahl der optimalen Produktionskonfiguration.

Die Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung hat jedoch auch die Aufgabe, alle zur Produktherstellung notwendigen Prozesse und Ressourcen kontinuierlich an das turbulente Unternehmensumfeld anzupassen, um so die nachhaltige Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens gewährleisten zu können. Hierbei gilt es insbesondere, den turbulenten Anforderungen des Absatzmarktes gerecht zu werden. Wegen der schwer kalkulierbaren Auswirkungen eines veränderten Produktportfolios kommt der Ermittlung der produktspezifischen Herstellkosten - ganz im Sinn des Target Costing – ebenfalls der Charakter einer Zielgröße zu, die sich an einem tatsächlich erzielbaren Marktpreis orientiert.

Ziel dieses Kapitels ist daher die Konzeption eines monetären Bewertungsmodells, mit dessen Hilfe eine Berechnung der stückbasierten Herstellkosten der verkaufsfähigen Endprodukte sowie die Berechnung der Gesamtherstellkosten ermöglicht wird.

Aufbauend auf den in Abschnitt 4.7 definierten Anforderungen erfolgt in Abschnitt 5.1 zunächst die Herleitung des grundlegenden Informationsbedarfs für die Berechnung der Herstellkosten sowie die Grundkonzeption des Bewertungsmodells. Hierbei werden die grundlegenden Kostenrechnungsmodule definiert. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Kostenmodule erfolgt in den anschließenden Abschnitten 5.2 bis 5.8.

Abschließend werden in Abschnitt 5.9 die konzeptionellen Ergebnisse zusammengefasst.

### 5.1 Grundkonzeption des Bewertungssystems

Wie in Abschnitt 3.3 erläutert, wird durch die Ermittlung der zu erwartenden Herstellkosten eine objektive Bewertung alternativer Produktionskonfigurationen ermöglicht. Gelingt es darüber hinaus, innerhalb des zu entwickelnden Bewertungsmodells die einzelnen Kostenarten verursachungsgerecht auf die einzelnen Primär- und Sekundärprodukte zu verrechnen, kann unter Berücksichtigung der meist vom Markt vorgegebenen Zielkosten der Zielerfüllungsgrad für die einzelnen Systemalternativen ermittelt werden. Durch die Berechnung dieser produktspezifischen Herstellkosten werden somit z.B. auch strategische Make-or-Buy-Entscheidungen ermöglicht (SCHÄFER 1998).

Die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte im Bereich der Kostenrechnung haben zu einer Vielzahl unterschiedlicher Kostenrechnungssysteme geführt. Generell können alle unterschiedlichen Systeme jedoch auf zwei zentrale Entwicklungstendenzen zurückgeführt werden.

Die erste Entwicklungstendenz verlief von der Ist- über die Normal- zur Plankostenrechnung, da nur mit Hilfe von Kostenrechnungssystemen auf der Basis von geplanten Größen dem Bedarf einer Kostenkontrolle zur Unterstützung von Entscheidungen entsprochen werden kann (KLEINER 1991, S. 17).

Die zweite große Entwicklung führte von der Vollkostenrechnung zur Generierung unterschiedlicher Teilkostenrechnungssysteme. Auslöser hierfür ist die Tatsache, dass klassische Vollkostenrechnungssysteme aufgrund der immer praktizierten proportionalen Fixkostenverrechnung nicht in der Lage sind, Informationen für kurzfristige Entscheidungsaufgaben im Beschaffungs-, Produktions- und Absatzbereich zu liefern (LOMPA 1994, S. 78). Im Gegensatz zur Vollkostenrechnung werden bei den Teilkostenrechnungssystemen nur bestimmte Teile dem eigentlichen Kostenträger als Kalkulationsobjekt zugeordnet (HUMMEL & MÄNNEL 1999, S. 42ff.).

Im Mittelpunkt der Diskussion stehen heute die Teilkostenrechnung (WITT 1991, S. 77), die Deckungsbeitragsrechnung (RIEBEL 1984, S.173-178 und S. 215-220), die Prozesskostenrechnung (HORVÁTH & MAYER 1993, S. 25), die Kostenrechnung nach dem „Activity Based Costing“ Verfahren (PFOHL 1991, S. 1282), sowie die Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis (KÜPPER 1990, S. 271). Je nach Rechnungszweck weisen die einzelnen Systeme Vor- und Nachteile auf (vgl. Abbildung 5-1).

Kostenrechnungssystem	Vorteile	Nachteile
<b>Vollkostenrechnung (VKR)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• weit verbreitet</li> <li>• ermöglicht Selbstkostenermittlung</li> <li>• dient als Grundlage für weitere Aufgaben des Rechnungswesens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenverteilung nicht frei von Willkür</li> <li>• Handhabung der Fixkosten evtl. problematisch</li> </ul>
<b>Teilkostenrechnung (TKR)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufspaltung in fixe und variable Gemeinkosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufspaltung der Gemeinkosten häufig nicht eindeutig</li> </ul>
<b>Deckungsbeitragsrechnung (DBR)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• liefert bereits Entscheidungsgrundlage</li> <li>• unterstützt die Wirtschaftlichkeits- und Erfolgskontrolle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nur für kurzfristige Entscheidungen sinnvoll</li> <li>• Gefahr, Deckungsbeiträge mit Gewinnen gleichzusetzen</li> <li>• Handhabung der variablen Kosten evtl. problematisch</li> </ul>
<b>Activity-Based-Costing (ABC)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wachsende Bedeutung der Gemeinkosten berücksichtigt</li> <li>• Identifikation kostentreibender Prozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschränktes Einsatzgebiet</li> <li>• Willkür bei der Verteilung der fixen Gemeinkosten</li> </ul>
<b>Prozesskostenrechnung (PKR)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• übergreifende Betrachtung von Kostenstrukturen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Willkür bei der Verteilung der fixen Gemeinkosten</li> </ul>

*Abbildung 5-1: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile gängiger Kostenrechnungssysteme (nach COOPER & KAPLAN 1991, RIEBEL 1994, MANNEL 1997)*

Nicht nur in der Praxis, sondern auch in der Literatur hat sich jedoch die Auffassung durchgesetzt, dass sich die unterschiedlichen Systeme der Kostenrechnung gegenseitig nicht ausschließen, sondern ergänzen können, da sie Informationen für unterschiedliche Anforderungen und Aufgabenstellungen bereitstellen können (vgl. Abbildung 5-2).

Die Praxis nutzt gerne die Vorzüge der Teilkosten-, Vollkosten wie auch der Prozesskostenrechnung (WARNECKE ET AL. 1996, S. 153). Aus den oben genannten Gründen soll daher im folgenden Abschnitt nicht die bereits in der Literatur ausführlich geführte Diskussion der Vor- und Nachteile der Kostenrechnungssysteme wiederholt, sondern vielmehr die einzelnen Module und Methoden bestehender Kostenrechnungssysteme zu einem für das Planungstool geeigneten Gesamtbewertungssystem zusammengeführt werden.

Aufgabe	VKR	TKR	DBR	ABC	PKR
langfristige Preisuntergrenze/Selbstkostenermittlung	●	◐	◐	○	○
Planung von Zusatzaufträgen	○	●	●	○	○
kurzfristige Produktionsplanung	○	●	●	◐	◐
kurzfristige Absatzplanung	○	●	●	○	○
Make-or-Buy-Entscheidung	○	●	●	◐	◐
Preisfindung	◐	●	●	◐	◐
Verrechnungspreise für interne Leistungen	○	◐	◐	●	●
Wirtschaftlichkeitskontrolle der Kostenstellen	◐	●	○	◐	●
Erfolgskontrolle/Gegenüberstellung Kosten-Erlöse	◐	●	○	●	●
Preiskontrolle (Nachkalkulation)	◐	●	◐	◐	●
Rechenschaftslegung (Bilanzen, etc.)	●	○	○	○	○
langfristige Produktionsplanung	◐	○	○	●	●
Produktionscontrolling	○	◐	◐	●	●
Prozesskostenkontrolle	○	○	○	●	●
bereichsübergreifende Wirtschaftlichkeitskontrolle	○	◐	◐	◐	●

● gut geeignet    ◐ bedingt geeignet    ○ nicht geeignet

Abbildung 5-2: Vergleich der Aufgabeneignung gängiger Kostenrechnungssysteme (nach COOPER & KAPLAN 1991, RIEBEL 1994, MÄNNEL 1997)

Zur Ermittlung der oben genannten Kosten in den direkten Fertigungsbereichen steht heute mit der Maschinenstundensatzrechnung ein bewährtes Verfahren zur Verfügung. Die Belegungszeit einzelner Teilsysteme stellt eine ausreichend genaue Bestimmungsgröße dar, um die Nutzung von Betriebsmitteln zu bewerten. Sie kann auch als „cost driver“ im Sinne einer Prozesskostenrechnung aufgefasst werden (LORENZEN 1997, S. 38). Diese Erkenntnis führte letztlich zu der von Eversheim und anderen entwickelten funktional differenzierten Kostenrechnung (EVERSHEIM 1996; WECK ET AL. 1990). Während in der herkömmlichen Kostenrechnung die Produktkosten über einen Systemstundensatz und die Belegungszeit bestimmt werden, wird bei der funktional differenzierten Kostenrechnung das zu betrachtende Produktionssystem in seine Einzelfunktionen aufgeteilt (Abbildung 5-3).

## 6 Vorstellung des realisierten Planungstools anhand eines Praxisbeispiels

Aus den in den vorhergehenden Kapiteln entwickelten Konzepten und Methoden zur kontinuierlichen kostenorientierten Planung und Optimierung produktionstechnischer Systeme wurde im Rahmen einer umfassenden Realisierungsphase ein leistungsfähiges und vielseitig einsetzbares Planungstool entwickelt. Ziel dieses Kapitels ist die Vorstellung und Bewertung des realisierten Planungstools. Hierzu werden die wesentlichen Inhalte und Gestaltungsmerkmale der realisierten Softwarefunktionalitäten anhand eines konkreten Praxisbeispiels näher erläutert.

Im ersten Abschnitt dieses Kapitels werden zunächst die Hintergründe und Randbedingungen bei der softwaretechnischen Umsetzung vorgestellt. Die Beschreibung der grundlegenden Charakteristiken des ausgewählten Praxisbeispiels erfolgt in Abschnitt 6.2. Den Schwerpunkt dieses Kapitels bildet Abschnitt 6.3. Innerhalb dieses Abschnitts wird das realisierte Planungstool anhand des zuvor umrissenen Praxisbeispiels vorgestellt. Den Abschluss dieses Kapitels bildet die in Abschnitt 6.4 durchgeführte Nutzenbewertung.

### 6.1 Allgemeine Anmerkungen zur Realisierung des Planungstools

Die softwaretechnische Realisierung des im folgenden Abschnitt näher beschriebenen Planungstools erfolgte größtenteils im Rahmen einer Vielzahl am Institut für Produktionstechnik GmbH (*ifp*) durchgeführten Planungs- und Optimierungsprojekte. Bei jedem dieser Projekte standen aufgrund der unterschiedlichen Ziele bestimmte Aufgabenschwerpunkte im Fokus der Planungsarbeiten. Da letztlich alle oben genannten Aufgabenstellungen bei der softwaretechnischen Realisierung berücksichtigt wurden, steht heute ein ausgereiftes und vielseitig einsetzbares Planungswerkzeug zur Verfügung. Insbesondere die softwaretechnisch am schwierigsten zu realisierenden Funktionen zur automatischen Erstellung des Simulationsmodells konnten letztlich erst mit Hilfe der vielen unterschiedlichen Projekte realisiert und vor allem validiert werden.

Als Entwicklungsumgebung wurde aufgrund des hohen Verbreitungsgrades (vgl. IFF 2006, S. 17) und der Anpassungsfähigkeit das System *AutoCAD* ausgewählt. *AutoCAD* besitzt mit der Entwicklungsumgebung *VisualLISP* eine sehr

offene Systemarchitektur und eignet sich daher besonders für Entwicklungen komplexer Zusatzapplikationen.

Für die dynamische Ablaufsimulation stehen, wie in Abschnitt 3.5.1 gezeigt, eine Vielzahl leistungsfähiger Systeme zur Verfügung. Innerhalb dieser Arbeit wurde das System *Witness* der Firma Lanner ausgewählt. Obwohl die automatische Modellerstellung auch bei anderen Systemen realisiert werden kann, fiel die Wahl auf *Witness*, da mit Hilfe des sog. *LST*-Files ein besonders komfortabler und transparenter Modellaufbau ermöglicht wird.

### 6.2 Charakteristika des Praxisbeispiels

Als Automobilzulieferer produziert das betrachtete Unternehmen eine Vielzahl an PKW- und Motorradgetriebe für in- und ausländische Automobilhersteller. Aufgrund des stetig steigenden Kostendrucks sowie der Erschließung neuer Ost-Märkte hat sich die Unternehmensleitung zum Aufbau eines neuen Produktionsstandorts im osteuropäischen Raum entschieden. Am neuen Produktionsstandort soll die komplette Fertigung und Montage zweier neu entwickelter Getriebebaureihen erfolgen.

Ziel des im folgenden beschriebenen Praxisbeispiels war daher die Erarbeitung eines materialfluss- und logistisch optimierten Gesamtkonzepts. Basis hierfür waren die in der Vorplanungsphase erarbeiteten Planungsgrundlagen. Im einzelnen lagen zu Projektbeginn folgende Grunddaten vor:

- Geplante Produktionsmengen auf Derivateebene
- Baukastenstücklisten für sämtliche zu produzierenden Derivate
- Arbeitspläne für alle zu fertigenden Einzelteile
- Teile- und technologiespezifische Bearbeitungs- und Rüstzeiten
- Teilegeometrien sämtlicher Einzelteile und Baugruppen
- Grundlegende Jahresarbeitszeitmodelle
- Größe und Layout des zur Verfügung stehenden Grundstücks

Zur Wahrung der Vertraulichkeit erfolgt die Darstellung der Projektergebnisse im folgenden Abschnitt 6.3 anonymisiert und mit z.T. modifizierten Daten.



## 6.3 Vorstellung des Planungstools

Erster Schritt der Neuplanung ist die Übernahme der grundlegenden Planungsinformation aus der vorhergehenden Prozessplanung. Dies sind im Wesentlichen die Arbeitspläne, Stücklisten sowie der Programmplan, in dem die Absatzmengen der Primärprodukte festgelegt sind. Die Ermittlung der aus den Arbeitsplänen resultierenden Technologigruppen erfolgt automatisch. Die Detaillierung der Auftrags- und Lieferdaten erfolgt, soweit diese noch nicht innerhalb der Prozessplanung ermittelt wurden, manuell mit Hilfe der in Abbildung 6-1 dargestellten Eingabemasken. Im Wesentlichen werden hierbei die zu erwartenden Bestell- oder Abrufrmengen der Primärprodukte, sowie die Lieferdaten, insbesondere die minimalen Bestellmengen und die zu erwartenden Lieferzeiten und Behälterspezifikationen, der Zukaufteile festgelegt.

The screenshot shows a software window titled "Lieferdaten" (Delivery Data) with a blue header bar. The window is divided into several sections:

- Header:** "Produkt:" followed by a dropdown menu showing "FAHRER: TRAKTOR/RS" and "FESTZUG: STER. GRAB". Below it, "Aktuelle Kennzahl:" is set to "2000 STUECK/JAHR".
- Ordering Data Section:**
  - "Anfertigungslos:" with a dropdown menu set to "MIT FERTIGHEIT".
  - "Teile pro Anfertigungslos:" with a dropdown menu set to "GSD".
  - "Teilgewicht (Strom):" with a dropdown menu set to "USD".
  - "Minimale Bestellmenge in Stück:" with a dropdown menu set to "GSD".
  - "Durchschnittliche Lieferzeit in Tagen:" with a dropdown menu set to "2".
  - "Schwankungsbreite in Prozent:" with a dropdown menu set to "0".
- Inventory Section:** "Schichtmodell:" with a dropdown menu set to "NEUER SCHICHT".
- Buttons:** "Zurück", "Weiter", "Ende", and "Abbruch" are located at the bottom of the main form area.
- Left Panel:** Contains various data fields and buttons, including "Produkt:", "Produktbeschreibung:", "Produktgruppe:", "Material (GSD)", "Material (USD)", "Logistik (GSD)", "Schichtmodell (GSD)", "Schichtmodell (USD)", "Schichtmodell (USD)", and "Modell:". It also has "Zurück" and "Weiter" buttons.
- Bottom Panel:** Contains "Schichtmodell:" and "Anfertigungslos:" fields, along with "Zurück" and "Weiter" buttons.

Abbildung 6-1: Detaillierung der Auftrags- und Lieferdaten

An dieser Stelle ist zu betonen, dass sämtliche in den folgenden Abschnitten beschriebenen Datenspezifikationen sowohl innerhalb des Planungstools mit Hilfe entsprechender Eingabemasken definiert werden können als auch alternativ mit Hilfe der integrierten Datenschnittstellen aus externen Systemen oder Datenbanken übernommen werden können.

Im zweiten Schritt der Planung erfolgt die Festlegung der grundlegenden Arbeitszeitmodelle. Diese sind, wie in Abschnitt 4.3.4 beschrieben, hierarchisch aufgebaut. Abbildung 6-2 zeigt die zur Schichtmodelldefinition realisierten Ein-

gabemasken. Selbstverständlich können die Schichtmodelle auch aus externen Planungssystemen übernommen werden.

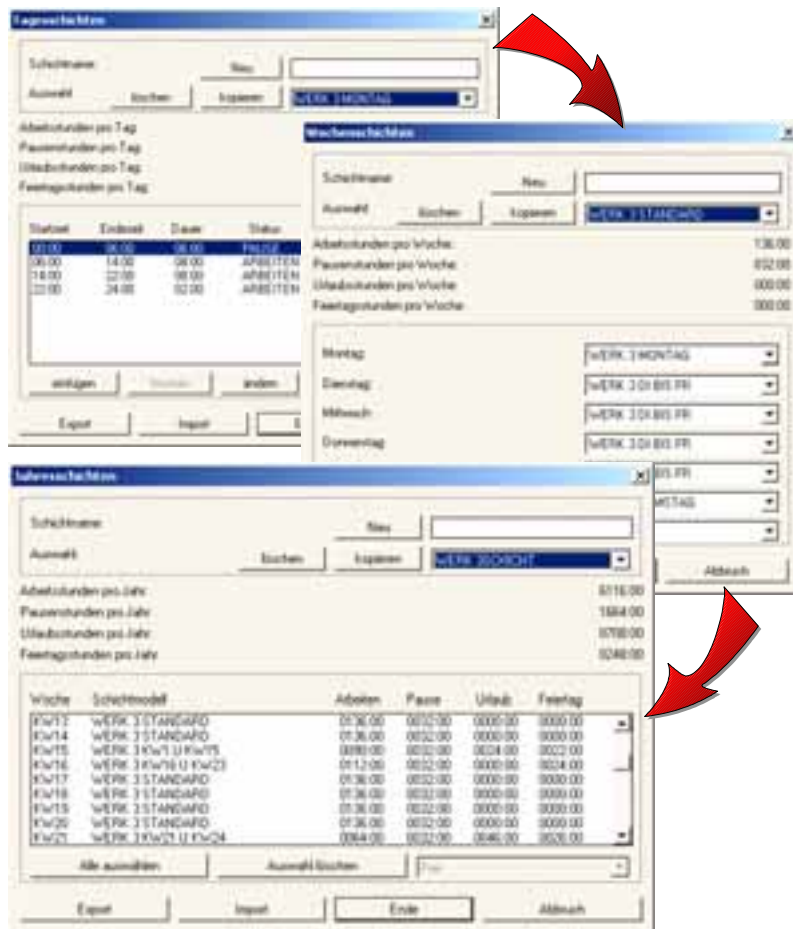


Abbildung 6-2: Festlegung der Arbeitszeitmodelle

Im Rahmen einer ersten groben Betriebsmittelspezifikation werden den aus dem Arbeitsplan resultierenden Technologengruppen entsprechende Jahresarbeitszeitmodelle zugeordnet und erste Abschätzungen hinsichtlich der zu erwartenden Verfügbarkeiten getroffen (vgl. Abbildung 6-3).

# iwb Forschungsberichte Band 1–121

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

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

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

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

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

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

# Seminarberichte iwb

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

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

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

- 47 **Virtuelle Produktion · Prozeß- und Produktsimulation**  
131 Seiten · ISBN 3-89675-047-X
- 48 **Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen**  
106 Seiten · ISBN 3-89675-048-8
- 49 **Rapid Prototyping · Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung**  
150 Seiten · ISBN 3-89675-049-6
- 50 **Rapid Manufacturing · Methoden für die reaktionsfähige Produktion**  
121 Seiten · ISBN 3-89675-050-X
- 51 **Flexibles Kleben und Dichten · Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle**  
137 Seiten · ISBN 3-89675-051-8
- 52 **Rapid Manufacturing · Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien**  
124 Seiten · ISBN 3-89675-052-6
- 53 **Mischverbindungen · Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung**  
107 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 54 **Virtuelle Produktion · Integrierte Prozess- und Produktsimulation**  
133 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 55 **e-Business in der Produktion · Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele**  
150 Seiten · ISBN 3-89675-055-0
- 56 **Virtuelle Produktion – Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug**  
150 Seiten · ISBN 3-89675-056-9
- 57 **Virtuelle Produktion – Datenintegration und Benutzerschnittstellen**  
150 Seiten · ISBN 3-89675-057-7
- 58 **Rapid Manufacturing · Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien**  
169 Seiten · ISBN 3-89675-058-7
- 59 **Automatisierte Mikromontage · Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik**  
114 Seiten · ISBN 3-89675-059-3
- 60 **Mechatronische Produktionssysteme · Genauigkeit gezielt entwickeln**  
131 Seiten · ISBN 3-89675-060-7
- 61 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 62 **Rapid Technologien · Anspruch – Realität – Technologien**  
100 Seiten · ISBN 3-89675-062-3
- 63 **Fabrikplanung 2002 · Visionen – Umsetzung – Werkzeuge**  
124 Seiten · ISBN 3-89675-063-1
- 64 **Mischverbindungen · Einsatz und Innovationspotenzial**  
143 Seiten · ISBN 3-89675-064-X
- 65 **Fabrikplanung 2003 – Basis für Wachstum · Erfahrungen Werkzeuge Visionen**  
136 Seiten · ISBN 3-89675-065-8
- 66 **Mit Rapid Technologien zum Aufschwung · Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder**  
185 Seiten · ISBN 3-89675-066-6
- 67 **Mechatronische Produktionssysteme · Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvorgehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder**  
148 Seiten · ISBN 3-89675-067-4
- 68 **Virtuelle Produktion · Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik**  
139 Seiten · ISBN 3-89675-068-2
- 69 **Kooperationsmanagement in der Produktion · Visionen und Methoden zur Kooperation – Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation – Kooperation entlang der Wertschöpfungskette**  
134 Seiten · ISBN 3-89675-069-0
- 70 **Mechatronik · Strukturndynamik von Werkzeugmaschinen**  
161 Seiten · ISBN 3-89675-070-4
- 71 **Klebtechnik · Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten**  
ISBN 3-89675-071-2 · vergriffen
- 72 **Fabrikplanung 2004 Erfolgsfaktor im Wettbewerb · Erfahrungen – Werkzeuge – Visionen**  
ISBN 3-89675-072-0 · vergriffen
- 73 **Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion · Erwartungen – Erfahrungen – Entwicklungen**  
179 Seiten · ISBN 3-89675-073-9
- 74 **Virtuelle Produktionssystemplanung · Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik**  
133 Seiten · ISBN 3-89675-074-7
- 75 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 76 **Berührungslose Handhabung · Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapselfel zur aseptischen Ampulle**  
95 Seiten · ISBN 3-89675-076-3
- 77 **ERP-Systeme · Einführung in die betriebliche Praxis · Erfahrungen, Best Practices, Visionen**  
153 Seiten · ISBN 3-89675-077-7
- 78 **Mechatronik · Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen**  
155 Seiten · ISBN 3-89675-078-X
- 79 **Produktionsmanagement**  
267 Seiten · ISBN 3-89675-079-8
- 80 **Rapid Manufacturing · Fertigungsverfahren für alle Ansprüche**  
154 Seiten · ISBN 3-89675-080-1
- 81 **Rapid Manufacturing · Heutige Trends – Zukünftige Anwendungsfelder**  
172 Seiten · ISBN 3-89675-081-X
- 82 **Produktionsmanagement · Herausforderung Variantenmanagement**  
100 Seiten · ISBN 3-89675-082-8
- 83 **Mechatronik · Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen**  
160 Seiten · ISBN 3-89675-083-6
- 84 **Virtuelle Inbetriebnahme · Von der Kür zur Pflicht?**  
104 Seiten · ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 **3D-Erfahrungsforum · Innovation im Werkzeug- und Formenbau**  
375 Seiten · ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 **Rapid Manufacturing · Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung**  
162 Seiten · ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 **Produktionsmanagement · Schlank im Mittelstand**  
102 Seiten · ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 **Mechatronik · Vorsprung durch Simulation**  
134 Seiten · ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 **RFID in der Produktion · Wertschöpfung effizient gestalten**  
122 Seiten · ISBN 978-3-89675-089-1



# Forschungsberichte iw b

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

Forschungsberichte iw b ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim  
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utz.de

- 122 Schneider, Burghard  
**Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile**  
1999 · 183 Seiten · 98 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-559-5
- 123 Goldstein, Bernd  
**Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung**  
1999 · 170 Seiten · 65 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-546-3
- 124 Mößner, Helmut E.  
**Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme**  
1999 · 164 Seiten · 67 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-585-4
- 125 Gräser, Ralf-Gunter  
**Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern**  
1999 · 167 Seiten · 63 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-603-6
- 126 Trossin, Hans-Jürgen  
**Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik**  
1999 · 162 Seiten · 75 Abb. · 11 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-614-1
- 127 Kugelmann, Doris  
**Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern**  
1999 · 168 Seiten · 68 Abb. · 2 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-615-X
- 128 Diesch, Rolf  
**Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen**  
1999 · 160 Seiten · 69 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-618-4
- 129 Lulay, Werner E.  
**Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen**  
1999 · 182 Seiten · 51 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-620-6
- 130 Murr, Otto  
**Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen**  
1999 · 178 Seiten · 85 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-636-2
- 131 Macht, Michael  
**Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping**  
1999 · 170 Seiten · 87 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-638-9
- 132 Mehler, Bruno H.  
**Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnerverbänden**  
1999 · 152 Seiten · 44 Abb. · 27 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-645-1
- 133 Heitmann, Knut  
**Sichere Prognosen für die Produktionsoptimierung mittels stochastischer Modelle**  
1999 · 146 Seiten · 60 Abb. · 13 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-675-3
- 134 Blessing, Stefan  
**Gestaltung der Materialflußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen**  
1999 · 160 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-690-7
- 135 Abay, Can  
**Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik**  
2000 · 159 Seiten · 46 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-697-4

- 136 Brandner, Stefan  
**Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken**  
2000 · 172 Seiten · 61 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-715-6
- 137 Hirschberg, Arnd G.  
**Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung**  
2000 · 165 Seiten · 49 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-729-6
- 138 Reek, Alexandra  
**Strategien zur Fokuspositionierung beim Laserstrahlschweißen**  
2000 · 193 Seiten · 103 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-730-X
- 139 Sabbah, Khalid-Alexander  
**Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen**  
2000 · 148 Seiten · 75 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-739-3
- 140 Schliffenbacher, Klaus U.  
**Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken**  
2000 · 187 Seiten · 70 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-754-7
- 141 Sprengel, Andreas  
**Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung**  
2000 · 144 Seiten · 55 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-757-1
- 142 Gallasch, Andreas  
**Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion**  
2000 · 150 Seiten · 69 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-781-4
- 143 Cuiper, Ralf  
**Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen**  
2000 · 168 Seiten · 75 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-783-0
- 144 Schneider, Christian  
**Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion**  
2000 · 180 Seiten · 66 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-789-X
- 145 Jonas, Christian  
**Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen**  
2000 · 183 Seiten · 82 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-870-5
- 146 Willnecker, Ulrich  
**Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen**  
2001 · 175 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-891-8
- 147 Lehner, Christof  
**Beschreibung des Nd:Yag-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss**  
2001 · 205 Seiten · 94 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0004-X
- 148 Rick, Frank  
**Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen**  
2001 · 145 Seiten · 57 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0008-2
- 149 Höhn, Michael  
**Sensorgeführte Montage hybrider Mikrosysteme**  
2001 · 171 Seiten · 74 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0012-0
- 150 Böhl, Jörn  
**Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung**  
2001 · 179 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0020-1
- 151 Bürgel, Robert  
**Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben**  
2001 · 185 Seiten · 60 Abb. · 10 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0021-X
- 152 Stephan Dürrschmidt  
**Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion**  
2001 · 914 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0023-6
- 153 Bernhard Eich  
**Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung**  
2001 · 132 Seiten · 48 Abb. · 6 Tabellen · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0028-7

- 154 Wolfgang Rudorfer  
**Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke**  
 2001 · 207 Seiten · 89 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0037-6
- 155 Hans Meier  
**Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe**  
 2001 · 162 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0044-9
- 156 Gerhard Nowak  
**Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen**  
 2001 · 203 Seiten · 95 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0055-4
- 157 Martin Werner  
**Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen**  
 2001 · 191 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0058-9
- 158 Bernhard Lenz  
**Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung**  
 2001 · 150 Seiten · 47 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0094-5
- 159 Stefan Grunwald  
**Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung**  
 2002 · 206 Seiten · 80 Abb. · 25 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0095-3
- 160 Josef Gartner  
**Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen**  
 2002 · 165 Seiten · 74 Abb. · 21 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0096-1
- 161 Wolfgang Zeller  
**Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen**  
 2002 · 192 Seiten · 54 Abb. · 15 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0100-3
- 162 Michael Loferer  
**Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen**  
 2002 · 178 Seiten · 80 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0118-6
- 163 Jörg Fähner  
**Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses**  
 2002 · 176 Seiten · 69 Abb. · 13 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0124-0
- 164 Jürgen Höppner  
**Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler**  
 2002 · 132 Seiten · 24 Abb. · 3 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0125-9
- 165 Hubert Götte  
**Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik**  
 2002 · 258 Seiten · 123 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0126-7
- 166 Martin Weißberger  
**Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess**  
 2002 · 210 Seiten · 86 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0138-0
- 167 Dirk Jacob  
**Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik**  
 2002 · 200 Seiten · 82 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0142-9
- 168 Ulrich Roßgorderer  
**System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen**  
 2002 · 175 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0154-2
- 169 Robert Klingel  
**Anziehverfahren für hochfeste Schraubverbindungen auf Basis akustischer Emissionen**  
 2002 · 164 Seiten · 89 Abb. · 27 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0174-7
- 170 Paul Jens Peter Ross  
**Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung**  
 2002 · 144 Seiten · 38 Abb. · 38 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0191-7
- 171 Stefan von Praun  
**Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess**  
 2002 · 250 Seiten · 62 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0202-6

- 172 Florian von der Hagen  
**Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen**  
 2002 · 220 Seiten · 104 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0208-5
- 173 Oliver Kramer  
**Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe**  
 2002 · 212 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0211-5
- 174 Winfried Dohmen  
**Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme**  
 2002 · 200 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0214-X
- 175 Oliver Anton  
**Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsender Montagesysteme**  
 2002 · 158 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0215-8
- 176 Welf Broser  
**Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke**  
 2002 · 224 Seiten · 122 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0217-4
- 177 Frank Breitingner  
**Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen**  
 2003 · 156 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0227-1
- 178 Johann von Pieverling  
**Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling**  
 2003 · 163 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0230-1
- 179 Thomas Baudisch  
**Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine**  
 2003 · 190 Seiten · 67 Abb. · 8 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0249-2
- 180 Heinrich Schieferstein  
**Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems**  
 2003 · 132 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0251-4
- 181 Joachim Berlak  
**Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen**  
 2003 · 244 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0258-1
- 182 Christian Meierlohr  
**Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung**  
 2003 · 181 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0292-1
- 183 Volker Weber  
**Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken**  
 2004 · 210 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0330-8
- 184 Thomas Bongardt  
**Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern**  
 2004 · 170 Seiten · 40 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0332-4
- 185 Tim Angerer  
**Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten**  
 2004 · 180 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0336-7
- 186 Alexander Krüger  
**Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme**  
 2004 · 197 Seiten · 83 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0371-5
- 187 Matthias Meindl  
**Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing**  
 2005 · 222 Seiten · 97 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0465-7
- 188 Thomas Fusch  
**Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie**  
 2005 · 190 Seiten · 99 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0467-3

- 189 Thomas Mosandl  
**Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme**  
 2005 · 182 Seiten · 58 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0471-1
- 190 Christian Patron  
**Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung**  
 2005 · 150 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0474-6
- 191 Robert Cisek  
**Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen**  
 2005 · 200 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0475-4
- 192 Florian Auer  
**Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen**  
 2005 · 160 Seiten · 65 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0485-1
- 193 Carsten Selke  
**Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung**  
 2005 · 137 Seiten · 53 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0495-9
- 194 Markus Seefried  
**Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern**  
 2005 · 216 Seiten · 82 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0503-3
- 195 Wolfgang Wagner  
**Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion**  
 2006 · 208 Seiten · 43 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0586-6
- 196 Christopher Ulrich  
**Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen**  
 2006 · 178 Seiten · 74 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0590-4
- 197 Johann Härtl  
**Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern**  
 2006 · 140 Seiten · 55 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0611-0
- 198 Bernd Hartmann  
**Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge**  
 2006 · 208 Seiten · 105 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0615-3
- 199 Michael Schilp  
**Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage**  
 2006 · 130 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0631-5
- 200 Florian Manfred Grätz  
**Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme**  
 2006 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0643-9
- 201 Dieter Eireiner  
**Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding**  
 2006 · 214 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0650-1
- 202 Gerhard Volkwein  
**Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation**  
 2007 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 Sven Roeren  
**Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse**  
 2007 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 Henning Rudolf  
**Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie**  
 2007 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 Stella Clarke-Griebsch  
**Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia**  
 2007 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 Michael Ehrenstraßer  
**Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage**  
 2008 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0743-3

- 207 Rainer Schack  
**Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik**  
2008 · 248 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 Wolfgang Sudhoff  
**Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion**  
2008 · 276 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 Stefan Müller  
**Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen**  
2008 · 240 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 Ulrich Kohler  
**Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme**  
2008 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0753-2