

Sebastian Weig

**Konzept eines integrierten  
Risikomanagements für die Ablauf- und  
Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten**



Herbert Utz Verlag · München

## **Forschungsberichte IWB**

Band 220

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2008

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 978-3-8316-0823-2

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>Notation .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation .....	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit .....	5
<b>2 Grundlagen und Eingrenzung des Untersuchungsbereiches .....</b>	<b>9</b>
2.1 Grundlagen der Fabrikplanung und ihrer Elemente .....	9
2.1.1 Begriffsbestimmung und Zielsetzung der Fabrikplanung .....	9
2.1.2 Gestaltungsfelder, Vorgehensweise und Inhalte der Fa- brikplanung .....	14
2.1.3 Rechnergestützte Methoden in der Fabrikplanung .....	17
2.1.4 Aktuelle Entwicklungen in der Fabrikplanung .....	18
2.2 Grundlagen des Risikomanagements .....	21
2.2.1 Definitionen und Begriffsklärung .....	21
2.2.2 Systematik und Methoden des Risikomanagements .....	24
2.2.3 Risikomanagementsysteme und Risiken des Unternehmens .....	28
2.2.4 Risikomanagement als Bestandteil des Projektmanagements .....	29
2.3 Spezifizierung des Untersuchungsbereiches .....	31
2.4 Zwischenfazit .....	34

<b>3</b>	<b>Stand der Forschung und Handlungsbedarf.....</b>	<b>35</b>
3.1	Ansätze zum Risikomanagement in der Fabrikplanung.....	35
3.1.1	Risikomanagementansätze in den verschiedenen Planungsfeldern der Fabrikplanung .....	36
3.1.2	Risikomanagementansätze in den verschiedenen Planungsphasen der Fabrikplanung .....	39
3.2	Ansätze zur Berücksichtigung von Unsicherheiten in den Planungsparametern in der Fabrikgestaltung .....	40
3.2.1	Ansätze in der Standardliteratur.....	40
3.2.2	Ansätze zur integrierten und synchronisierten Planung .....	42
3.2.3	Integriertes Szenariomanagement in der Fabrikplanung.....	45
3.3	Zusammenfassung und Ableitung des Handlungsbedarfes.....	49
<b>4</b>	<b>Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten .....</b>	<b>53</b>
4.1	Anforderungen an das Konzept .....	53
4.1.1	Anforderung aus der Systematik des Risikomanagements.....	54
4.1.2	Anforderungen aus der Systematik der Fabrikplanung .....	55
4.2	Entwurf des integrierten Konzeptes .....	56
4.2.1	Darstellung des integrierten Konzeptes .....	56
4.2.2	Grobbeschreibung der einzelnen Elemente des Konzeptes .....	57
4.2.3	Integration des Konzeptes in den Fabrikplanungsprozess .....	58
4.2.4	Prämissen für den Einsatz des Konzeptes.....	60

4.3	Einordnung des Konzeptes in das Risikomanagementsystem des Unternehmens .....	61
4.4	Zwischenfazit .....	64
<b>5</b>	<b>Identifikation der Risikofaktoren im Planungsprozess .....</b>	<b>65</b>
5.1	Systematik der Risikoauswirkung im Zielsystem .....	65
5.2	Ableitung potentieller Risikofaktoren aus den Planungsprozessschritten .....	68
5.3	Typologisierung der Planungsunsicherheiten.....	71
5.4	Einbindung der Risikoidentifikation in den Planungsprozess .....	73
5.4.1	Ablauf der Identifikation von Risikofaktoren im Projekt.....	74
5.4.2	Bestimmung der Unsicherheiten in den Planungsparametern .....	76
5.5	Zwischenfazit .....	77
<b>6</b>	<b>Systematik zur Analyse der Risiken im Planungsprozess .....</b>	<b>79</b>
6.1	Aufbau und Konzeption der Analysesystematik .....	79
6.1.1	Systematik zur Risikoanalyse .....	80
6.1.2	Detaillierung der Bewertungssystematik.....	82
6.1.3	Grundannahmen in der Bewertungssystematik .....	83
6.1.4	Einschränkung der Bewertungssystematik auf die Zielgröße Herstellkosten.....	84
6.2	Konzeption des Planungsmodells .....	85
6.2.1	Anforderungen an das Planungsmodell.....	85
6.2.2	Aufbau und Gestaltung des Planungsmodells .....	88
6.2.3	Festlegung der Schnittstellen zur Simulationssoftware .....	93

6.3	Konzeption des Risikomodells .....	95
6.3.1	Anforderungen an das Risikomodell .....	95
6.3.2	Methode zur Bewertung der singulären Risikofaktoren .....	98
6.3.3	Clusterung der bewerteten Risikofaktoren .....	106
6.3.4	Aggregation der Risiken zur Gesamtrisikosicht.....	107
6.4	Zwischenfazit.....	113
<b>7</b>	<b>Steuerung und Überwachung des Risikos im Planungsprozess .....</b>	<b>115</b>
7.1	Risikosteuerung im Planungsprozess.....	115
7.1.1	Ableitung geeigneter Steuerungsmaßnahmen für die Ablauf- und Strukturplanung .....	116
7.1.2	Auswahl und Bewertung der Auswirkung der Steuerungsmaßnahmen.....	120
7.1.3	Projektzeitplanspezifische Einleitung der Steuerungsmaßnahmen.....	124
7.2	Kontinuierliche Überwachung des Risikos im Planungsprozess....	126
7.2.1	Elemente zur Überwachung der Risikofaktoren .....	126
7.2.2	Einführung von Risk Gates in den Planungsablauf .....	129
7.3	Zwischenfazit.....	134
<b>8</b>	<b>Validierung des Konzeptes .....</b>	<b>137</b>
8.1	Entwicklung eines prototypischen Softwaretools .....	137
8.1.1	Grundaufbau des Software-Tools .....	138
8.1.2	Softwaretechnische Umsetzung des Planungsmodells.....	139
8.1.3	Softwaretechnische Umsetzung des Risikomodells .....	143

8.2	Einsatz des Konzeptes mit Hilfe des Softwaretools in einem konkreten Planungsfall .....	146
8.2.1	Spezifikation des Planungsfalles .....	147
8.2.2	Anwendung des Konzeptes im Planungsfall .....	148
8.3	Kritische Würdigung des Konzeptes.....	158
8.3.1	Bewertung des Konzeptes anhand der gestellten Anforderungen.....	158
8.3.2	Bewertung des Konzeptes anhand des Einsatzes in der Praxis.....	159
8.3.3	Zusammenfassung der Bewertung und abschließende Empfehlung .....	163
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>165</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>169</b>
<b>11</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>189</b>
11.1	Erläuterung der Risikokategorien .....	189
11.2	Erläuterung der Risikosteuerungsmaßnahmen .....	191
11.3	Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie .....	194
11.3.1	Wahrscheinlichkeitsräume und Wahrscheinlichkeit .....	194
11.3.2	Zufallsvariablen und ihre Verteilung .....	195
11.3.3	Der zentrale Grenzwertsatz .....	198
11.4	Berechnungsverfahren der Herstellkosten im Planungsmodell .....	199
11.5	Darstellung des Algorithmus zur Diskretisierung von stetigen Dichte- bzw. Verteilungsfunktionen .....	202
11.6	Genutzte Softwareprodukte.....	205

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Veränderte Rahmenbedingungen für produzierende Unternehmen (in Anlehnung an WIENDAHL ET AL. 2004, S. 3 f.).....	1
Abbildung 1-2: Darstellung des Zielkonflikts "Entscheidung unter Unsicherheit" in der Fabrikplanung.....	3
Abbildung 1-3: Aufbau und Gliederung der Arbeit .....	6
Abbildung 2-1: Planungsebenen der Fabrikplanung in der Systemhierarchie (in Anlehnung an HERNÁNDEZ 2003, S. 42).....	12
Abbildung 2-2: Gestaltungsfelder der Fabrikplanung (in Anlehnung an GRUNDIG 2006, S. 9).....	14
Abbildung 2-3: Planungsphase der Fabrikplanung (in Anlehnung an KETTNER ET AL. 1984, S. 5).....	15
Abbildung 2-4: Darstellung aktueller Forschungsaktivitäten im Bereich der Fabrikplanung.....	19
Abbildung 2-5: Entscheidungssituationen bei vollständiger bzw. unvollständiger Information.....	22
Abbildung 2-6: Abgrenzung Risiko vs. Chance.....	23
Abbildung 2-7: Phasenmodell des Risikomanagement-Prozesses (in Anlehnung an DIEDERICHS 2004, S. 15).....	25
Abbildung 2-8: Systematik der Risikosteuerungsstrategien.....	26
Abbildung 2-9: Exemplarische Auswahl von Methoden und Hilfsmitteln des Risikomanagements .....	27
Abbildung 2-10: Beispielhafte Risikolandschaft eines Unternehmens und Integration des Risikomanagementsystems (in Anlehnung an WILDEMANN 2006, S. 33; DIEDERICHS 2004, S. 93).....	28
Abbildung 2-11: Kategorisierung der Projektrisiken in der Fabrikplanung .....	30

Abbildung 2-12:	Systematik zur Eingrenzung des Untersuchungsbereichs ....	31
Abbildung 2-13:	Die Zielgrößen der Fabrik als zu Grunde gelegtes Zielsystem für die Risikobetrachtung im Planungsprojekt .....	33
Abbildung 3-1:	Darstellung des Untersuchungsbereiches zu Ansätzen des Risikomanagements in der Fabrikplanung .....	36
Abbildung 3-2:	Regelkreis der integrierten Ablauf- und Strukturgestaltung (in Anlehnung an SCHMIDT 2003, S. 50) .....	42
Abbildung 3-3:	Erweiterter Ablauf der Fabrikplanung mit Technology-Gates (FIEBIG 2004, S. 105) .....	44
Abbildung 3-4:	Das Phasenmodell des Szenario-Managements (in Anlehnung an GAUSEMEIER & FINK 1995, S. 17) .....	46
Abbildung 3-5:	Einsatz des Szenariomanagements in der Fabrikplanung zur Abschätzung des zukünftigen Wandlungsbedarfs (WIENDAHL ET AL. 2002A, S. 15) .....	47
Abbildung 3-6:	Auflistung der lenkbaren und nichtlenkbaren Schlüsselfaktoren einer Fabrik (in Anlehnung an HERNÁNDEZ 2003, S. 119).....	48
Abbildung 3-7:	Bewertung relevanter Ansätze zum integrierten Risikomanagement in der Fabrikplanung .....	50
Abbildung 4-1:	Anforderungen an ein Konzept zum integrierten Risikomanagement in der Ablauf- und Strukturgestaltung ....	54
Abbildung 4-2:	Konzept zum integrierten Risikomanagement für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten.....	57
Abbildung 4-3:	Integration der Risikomanagementelemente in den Regelkreis der Ablauf- und Strukturplanung .....	59
Abbildung 4-4:	Beispielhafte Projektorganisation eines Fabrikplanungsprojektes (IFP 2006) .....	63

---

Abbildung 4-5:	Integration des Konzeptes in das Risikomanagementsystem des Unternehmens.....	63
Abbildung 5-1:	Systematik der Risikoauswirkung im Zielsystem .....	66
Abbildung 5-2:	Überblick der Planungsparameter als spezifische Risikofaktoren für die Gestaltung der Fabrik.....	70
Abbildung 5-3:	Diskrete und stetige Dichtefunktionen zur Beschreibung der wertmäßigen Unsicherheiten in den Planungsparametern .....	72
Abbildung 5-4:	Typologisierung in temporäre und kontinuierliche Unsicherheiten in den Planungsparametern.....	73
Abbildung 5-5:	Ablauf der Risikoidentifikation im Planungsprozess.....	74
Abbildung 5-6:	Kategorisierung der Risikofaktoren.....	75
Abbildung 6-1:	Systematik zur integrierten Risikoanalyse mit Hilfe des Risikomodells und des Planungsmodells.....	81
Abbildung 6-2:	Das Vorgehen zur Bewertung der Risikofaktoren im Zusammenwirken des Planungs- und des Risikomodells.....	82
Abbildung 6-3:	Anforderungen an das Planungsmodell.....	86
Abbildung 6-4:	Aufbau des Planungsmodells und Interaktion der Elemente .....	88
Abbildung 6-5:	Schnittstellen des Planungsmodells zur Simulationssoftware (Grobkonzept).....	94
Abbildung 6-6:	Anforderungen an das Risikomodell .....	96
Abbildung 6-7:	Zielsetzung und Typologisierung der Transferfunktionen zur Ermittlung der Adaptionkosten im Risikomodell .....	99
Abbildung 6-8:	Beispiel zur Analyse eines singulären Risikofaktors.....	102
Abbildung 6-9:	Chance-/Risikobetrachtung am Beispiel des Flächenbedarfs .....	103
Abbildung 6-10:	Die Methode der Risk Map zur Clusterung der Risikofaktoren .....	107

Abbildung 6-11: Die Aggregationsstufen zur Bereichs- oder Gesamtrisikosicht .....	108
Abbildung 6-12: Die Korrelationsmatrix als Methode zur Abbildung von Abhängigkeiten zwischen Risiken .....	110
Abbildung 6-13: Der Ablauf der Monte-Carlo-Simulation zur Risikoaggregation auf Bereichs- / Gesamtebene .....	111
Abbildung 6-14: Beispielhaftes Ergebnis der Risikoaggregation .....	112
Abbildung 7-1: Grundsätzliche Typologisierung der Risikosteuerungsmaßnahmen in „ursachen- vs. wirkungsbezogen“ .....	117
Abbildung 7-2: Systematik zur Ableitung des Maßnahmenkatalogs für die Risikosteuerung in der Ablauf- und Strukturgestaltung ..	118
Abbildung 7-3: Maßnahmenkatalog zur Risikosteuerung für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten .....	119
Abbildung 7-4: Fixierung des optimalen Sicherheitsgrades (in Anlehnung an DIEDERICHS 2004, S. 199).....	121
Abbildung 7-5: Beispiel eines (einstufigen) Entscheidungsbaumes .....	123
Abbildung 7-6: Beispielhafter Ausschnitt eines Projektzeitplanes mit spezifischen Entscheidungspunkten .....	124
Abbildung 7-7: Die dynamische Risikomatrix als Element zur Überwachung der Risikofaktoren (Übersichtsdarstellung) ..	127
Abbildung 7-8: Die dynamische Risikomatrix als Element zur Überwachung der Risikofaktoren (Einzelblattdarstellung)...	127
Abbildung 7-9: Der Risikomonitor als Element zur Darstellung der Gesamtrisikosituation im Planungsprozess.....	128
Abbildung 7-10: Risk Gates als Maximalgrenze der Risikotragweite über der jeweiligen Zielgröße zu spezifischen Kontrollpunkten...	130
Abbildung 7-11: Prinzipieller Ablauf der Risikobeurteilung an den Risk Gates .....	131

---

Abbildung 7-12: Integration der Risk Gates in den Fabrikplanungsablauf .....	132
Abbildung 8-1: Grundaufbau des implementierten EDV-Softwaretools und Übersicht des Hauptmenüs.....	138
Abbildung 8-2: Hauptmenü des Planungsmodells in FPR-SYS .....	139
Abbildung 8-3: Ablauf des Dimensionierungsalgorithmus im Planungsmodell .....	141
Abbildung 8-4: Schnittstellen von FPR-SYS zur Ablaufsimulationssoftware .....	142
Abbildung 8-5: Hauptmenü des Risikomodells in FPR-SYS .....	143
Abbildung 8-6: Festlegung der Risikofaktoren und Auswahl der Dichtefunktionen im Risikomodell von FPR-SYS.....	144
Abbildung 8-7: Die Menüoberfläche zur Analyse eines singulären Risikofaktors im Softwaretool FPR-SYS .....	145
Abbildung 8-8: Festlegung der Transferfunktionen für den Planungsfall .....	148
Abbildung 8-9: Der Prozessablauf bzw. die Bearbeitungsschritte des betrachteten Produktionsumfangs in der Gehäusefertigung .....	149
Abbildung 8-10: Die Liste der Risikofaktoren im Bereich der Gehäusefertigung als Ergebnis der Risikoidentifikation.....	150
Abbildung 8-11: Exemplarische Darstellung der Analyseergebnisse eines Risikofaktors im Planungsfall .....	151
Abbildung 8-12: Clusterung der untersuchten Risiken in der Gehäusefertigung mit Hilfe der Risk Map .....	152
Abbildung 8-13: Ausschnitt aus der Korrelationsmatrix für die Risikofaktoren im Bereich Gehäusefertigung.....	153
Abbildung 8-14: Ergebnis der Risikoaggregation am Beispiel der Ressource „Fläche“ bzw. der Zielgröße „Herstellkosten“ im Planungsfall .....	154

Abbildung 8-15: Ausschnitt aus der Sammlung geeigneter Risikosteuerungsmaßnahmen für die identifizierten Risiken .....	156
Abbildung 8-16: Darstellung der dynamischen Risikomatrix für das Planungsbeispiel .....	157
Abbildung 8-17: Bewertung des Konzeptes anhand der Zielerfüllung bzgl. der gestellten Anforderungen .....	159
Abbildung 9-1: Holistisches, integriertes Risikomanagementsystem in der Fabrikplanung (Ausblick).....	167
Abbildung 11-1: Beispielhafte Darstellung einer Verteilungs- und einer Dichtefunktion (hier: Normalverteilung um Mittelwert 0 mit Standardabweichung 1) .....	196
Abbildung 11-2: Kalkulation der Herstellkosten im Planungsmodell.....	199
Abbildung 11-3: Im Risikomodell implementierter Algorithmus zur Diskretisierung stetiger Dichtefunktionen .....	202
Abbildung 11-4: Beispiel für eine diskretisierte Dichtefunktion mit Diskretisierungsintervall $D_x=5$ .....	204

## Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
Abs.	Absatz
alt.	alternativ, alternativer, alternatives
Aufl.	Auflage
Bd.	Band
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAD	(engl.) Computer Aided Design (dt.: Computergestütztes Konstruieren)
CFaR	(engl.) Cash Flow at Risk (dt.: Cash Flow unter Risiko)
CSCW	(engl.) Computer Supported Collaborative Work (dt. Computerunterstütztes kollaboratives Arbeiten)
DFG	Deutsche Forschungsgesellschaft
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
dt.	Deutsch
dyn.	dynamisch
ebd.	ebendieser, ebenda
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
engl.	Englisch
et al.	et alii (lat.), und andere
etc.	et cetera (lat.), und weiteres

## Notation

$Agg$	Aggregationsebene / -level-Index
$i, j$	Parameterwertindices
$k$	Risikofaktorindex
$M$	Maschinenindex
$Mid$	mittlerer Wert
$Min$	minimaler Wert
$Max$	maximaler Wert
$Plan$	geplanter Wert
$Prod$	Produktindex
$Wahr$	wahrscheinlichster Wert
$\lambda$	Eigenwert der Korrelationsmatrix
$\sigma(x)$	Standardabweichung des Parameters
$\sigma^2_P$	Varianz zum Planungszeitpunkt $t_p$
$BK$	Bestandskosten [€]
$E(x)$	Erwartungswert des Parameters
$FBW_{Mid}$	mittlerer Fertigwarenbestand [€]
$FD$	direkte Fertigungskosten [€]
$FGK$	Fertigungsgemeinkostenzuschlag [%]
$FK$	Fertigungskosten [€]
$HK$	Herstellkosten [€]
$HK_{Plan}$	Planwert der Herstellkosten [€]
$HK_{Stück}$	Herstellkosten je Stück [€/Stück]
$K_A$	Kosten für kalkulatorische Abschreibung [€]
$K_E$	Energiekosten [€]
$K_I$	Instandhaltungskosten [€]
$K_{Konv}$	Kosten für Konventionalstrafen [€]
$K_{Opp}$	Opportunitätskosten [€]
$K_{PlanRes}$	Kosten für Planungsressourcen [€]
$K_R$	Raumkosten [€]
$K_{Res}$	Kosten der Ressource [€]
$K_Z$	Zinskosten [€]

# 1 Einführung

„Das größte Risiko unserer Zeit liegt in der Angst vor dem Risiko.“

HELMUT SCHOECK

## 1.1 Ausgangssituation

Produzierende Unternehmen operieren heute in einem härter werdenden globalen Wettbewerb, der durch steigenden Kosten- und Zeitdruck gekennzeichnet ist (ABELE ET AL. 2006B; REINHART & HOFFMANN 2000; ZÄH ET AL. 2004A). Sie sehen sich dabei zunehmend mit der Situation konfrontiert, dass ihre unternehmerischen Aktivitäten mehr denn je durch externe Randbedingungen geprägt werden, die ihrerseits einem immer schnelleren Wandel unterliegen (EVERSHEIM & LUCZAK 2000). Dieses Umfeld, in dem die Unternehmen agieren, hat sich durch verschiedene Entwicklungen stark verändert (vgl. Abbildung 1-1) und zeichnet sich insbesondere durch eine hohe Komplexität und Dynamik aus (ZÄH ET AL. 2005A, S. 3).

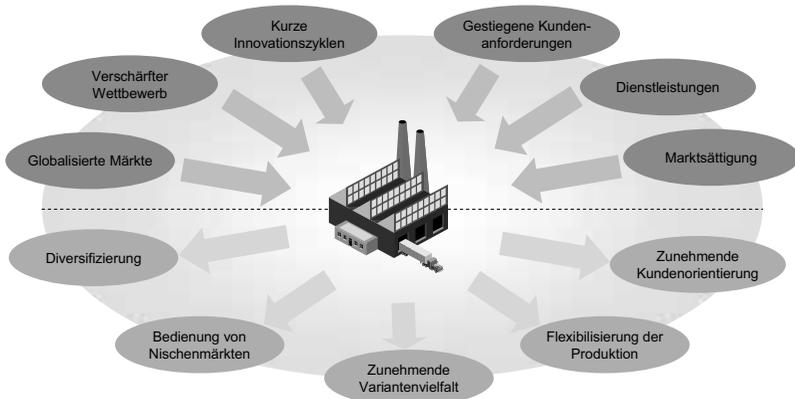


Abbildung 1-1: *Veränderte Rahmenbedingungen für produzierende Unternehmen (in Anlehnung an WIENDAHL ET AL. 2004, S. 3 f.)*

Die *globalisierten Märkte* stellen die produzierenden Unternehmen durch eine *Verschärfung des Wettbewerbs* sowie einen stark schwankenden Nachfrageverlauf bezüglich Stückzahlen und Varianten vor große Herausforderungen (REINHART ET AL. 2003). Neben der wachsenden Variantenvielfalt verkürzen sich

die *Produktlebenszyklen*, so dass der Lebenszyklus des Produkts inzwischen meist kürzer als der der Produktionsanlage geworden ist (SCHUH & GOTTSCHALK 2004, S. 212). Die *gestiegenen Kundenanforderungen* und der wachsende Trend nach Individualisierung erhöhen zudem die turbulente, d.h. schwer prognostizierbare Lage an den Märkten (LINDEMANN ET AL. 2006). Die *Marksättigung* zwingt die Unternehmen zusätzlich zu einer höheren Innovationsdynamik hinsichtlich Produkt und Prozess. Besonders produktintegrierte *Dienstleistungen* gewinnen dabei an Bedeutung. Die Unternehmen reagieren auf diese Entwicklungen mit einer *Diversifizierung* der Produkte und der Bedienung von *Nischenmärkten*, was zu einer deutlichen Zunahme an *Produktvarianten* führt. Mit dieser wachsenden *Kundenorientierung* sehen sich die Unternehmen allerdings gezwungen, die resultierende Komplexität durch eine *Flexibilisierung* der Produktion abzufangen (WIENDAHL ET AL. 2004, S. 3 f.).

Um die Chancen eines sich stetig wandelnden Umfeldes nutzen und dessen Risiken beherrschen zu können, ist es notwendig abzuschätzen, welche Einflussfaktoren für die Entwicklung des Unternehmens relevant sind und wie es auf Veränderungen reagiert (MILBERG 2000, S. 324 ff.). Die Fähigkeiten zur schnellen Aktion, zur schnellen Reaktion und zur schnellen Anpassung bestimmen dabei den Erfolg eines Unternehmens (MILBERG 2003, S. 313). Die Planung der Prozesse, Abläufe und Strukturen erhält vor dem Hintergrund der turbulenten Einflussfaktoren daher eine wettbewerbsentscheidende Bedeutung (GÜNTNER 2005; WESTKÄMPER 2004, S. 42; ZÄH ET AL. 2003A, S. 12). Laut DOMBROWSKI (2007, S. 17) betragen die Bruttoinvestitionen, die im Jahre 2004 in Deutschland im verarbeitenden Gewerbe mit Bezug auf Fabriken getätigt wurden, 42,19 Mrd. Euro, was einem Anteil von rund 11% der gesamten Bruttoinvestitionen in Deutschland entspricht. Diese hohe Summe verdeutlicht die Notwendigkeit einer zielorientierten und systematischen Fabrikplanung.

Diese veränderten Rahmenbedingungen stellen jedoch auch die Fabrikplanung vor neue Herausforderungen: Das Streben nach einer Harmonisierung der Produkt-, Prozess- und Gebäudelebenszyklen führt zu immer kürzer werdenden Fabriklebenszyklen (WIRTH ET AL. 2000). Produktionstechnische Systeme sind daher immer häufiger und in kürzerer Zeit neu zu planen bzw. umzugestalten (DOMBROWSKI & TIEDEMANN 2004, S. 137; WESTKÄMPER 2004, S. 42; ZÄH ET AL. 2003B, S. 329), so dass die Fabrikplanung zu einem kontinuierlichen Prozess wird (NYHUIS ET AL. 2004, S. 95). Weitere Herausforderungen stellen die Forderung nach höchster Planungsgeschwindigkeit trotz unscharfer Datenbasis (WIENDAHL ET AL. 2001, S. 187), die Gestaltung der Fabrik nach wirtschaftlich-

sozialen und kulturellen Standards (WESTKÄMPER 2007, S. 9), die Partizipation und Einbindung zahlreicher Partner im Planungsprozess sowie die erhöhte Komplexität durch eine starke Vernetzung der Planungszusammenhänge und -objekte (SCHUH ET AL. 2006, S. 167) dar.

GÜNTNER (2004) sieht daher die Notwendigkeit zur Entwicklung neuer Methoden und Werkzeuge, um die Diskrepanz zwischen verkürzten Planungszeiten und der Forderung nach qualitativ hochwertigen Planungsergebnissen zu minimieren. Dabei kommt insbesondere den frühen Phasen des Planungsprozesses eine entscheidende Bedeutung zu, da dort die Kostenbeeinflussung, d.h. die Beeinflussbarkeit der Ausgaben für den zukünftigen Fabrikbetrieb bzw. der Investitionsausgaben am größten ist (KETTNER ET AL. 1984, S. 7; KOLAKOWSKI ET AL. 2005, S. 211). Es erfolgen jedoch strategische Entscheidungen von Unternehmen heute in einem Umfeld wachsender Unsicherheit bei den Planungsgrundlagen (NYHUIS 2006, S. 143). So muss zu Beginn des Fabrikplanungsprozesses, d.h. insbesondere in der Grobplanung, auf Grund verkürzter Produktentstehungszeiten sowie einer Parallelisierung der Planungsprozesse mit unsicheren bzw. unscharfen Daten bezüglich Produkt, Produktionsprogramm und Technologien gearbeitet werden (EVERSHEIM & SCHMIDT 2001).

Daraus ergibt sich die Herausforderung, die in den frühen Phasen weit reichenden Entscheidungen stellenweise unter hoher Unsicherheit treffen zu müssen bzw. diese Unsicherheiten in dem Fabrikkonzept zu berücksichtigen. Dieser Zielkonflikt ist in Abbildung 1-2 visualisiert.

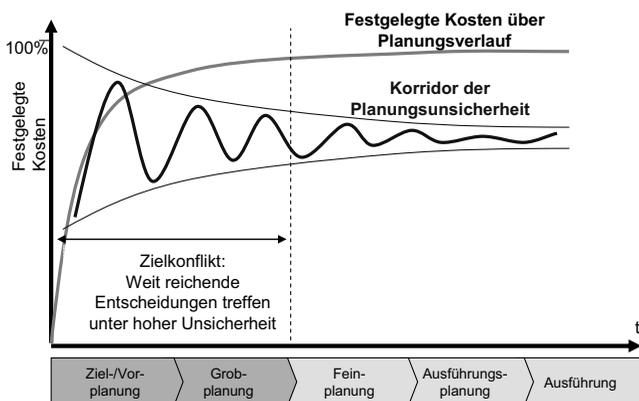


Abbildung 1-2: Darstellung des Zielkonflikts "Entscheidung unter Unsicherheit" in der Fabrikplanung

Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass der Planer auf Grund der unsicheren Datenlage mit Annahmen arbeitet, diese jedoch häufig nicht bewertet bzw. sich der Einflüsse dieser Annahmen auf das Ergebnis nicht bewusst ist. Zudem müssen oft Entscheidungen bspw. bezüglich zu errichtender Gebäudeflächen etc. getroffen werden, bevor alle für die Dimensionierung erforderlichen Daten endgültig feststehen. Diese Entscheidungen unter Unsicherheit stellen ein Risiko für die Zielerreichung dar – das Risikobewusstsein ist jedoch häufig nicht vorhanden bzw. die Hauptrisikotreiber nicht bekannt. Neue Werkzeuge in der Fabrikplanung sind daher notwendig, die die unscharfen und unsicheren Eingangsinformationen verarbeiten können, um diese Risiken schon in der Konzeptionsphase zu minimieren (SAUER 2004, S. 33).

Welche Auswirkungen nicht oder zu spät adressierte Risiken haben können, zeigt das Beispiel der Neuentwicklung der A380-Baureihe der Firma AIRBUS INDUSTRIES: Produktionstechnische Probleme mit der Verkabelung verzögerten den Anlauf des neuen A380 erheblich (AIRBUS 2006) – die Kosten für die Produktionsausfälle sowie die Konventionalstrafen summieren sich bis 2010 auf geschätzte 5 Milliarden Euro und stürzten den Mutterkonzern EADS in schwere Turbulenzen (FASSE 2007). Dieses Beispiel verdeutlicht, dass gerade Risiken an der Schnittstelle zwischen Produktentwicklung und Produktionsplanung ein Projekt erheblich verzögern und somit den Erfolg eines Unternehmens gefährden können.

Auch der Gesetzgeber reagiert auf die gestiegene Dynamik und Komplexität im Unternehmensumfeld. So wurde im Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich (KonTraG) mit Inkrafttreten zum 30.04.1998 für Aktiengesellschaften explizit die Pflicht der Unternehmensleitung zur Einrichtung eines Risikomanagements festgeschrieben (GLEIBNER & ROMEIKE 2005, S. 1 f.). Der Vorstand hat geeignete Maßnahmen zu treffen, insbesondere ein Überwachungssystem einzurichten, damit den Fortbestand gefährdende Entwicklungen früh erkannt werden (§ 91 Abs. 2 AktG). Dies beschränkt sich nicht nur auf den Finanzbereich, sondern beinhaltet explizit alle Geschäftsbereiche des Unternehmens.

Die Anforderungen aus dem turbulenten Umfeld bzw. den gesetzlichen Randbedingungen zeigen die Bedeutung einer pro-aktiven Adressierung von Risiken im Rahmen von Fabrikplanungsprojekten. Daher stellt sich die Frage, wie diese Risiken in der Gestaltung der Fabrik berücksichtigt bzw. der Umgang mit den Risiken in den Planungsprozess integriert werden können.

## 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

In einem durch stetigen Wandel geprägten Unternehmensumfeld stellt eine fundierte und termingerechte Planungsdurchführung eines Fabrikplanungsprojektes einen entscheidenden Erfolgsfaktor im Wettbewerb dar. Dabei kommt der Gestaltung der Abläufe und Strukturen der Fabrik eine ausschlaggebende Rolle zu. Der in der Ausgangssituation beschriebene Zielkonflikt des Treffens weitreichender Entscheidungen unter hoher Unsicherheit lässt sich als zentrale Problemstellung dieser Arbeit formulieren. Um die Anforderungen nach einer Erhöhung der Qualität der Planungsergebnisse bei gleichzeitiger Verkürzung der Planungsdauer zu erfüllen, ist eine fundierte Risikoanalyse im Planungsablauf zur Vermeidung von nachträglichen Änderungen bzw. einer Projektverzögerung unerlässlich. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist es daher, einen integrierten Ansatz zum Risikomanagement für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten zu entwickeln, dessen Einsatz die Effizienz des Planungsprojektes steigern und dessen Erfolg sicherstellen soll.

Aus dieser Zielsetzung lässt sich nachfolgende Aufgabenstellung ableiten: Es gilt ein Konzept zu entwickeln zur

- Identifikation der Risikofaktoren und zum Aufzeigen der Hauptstellhebel bzgl. einer Reduzierung des Risikos,
- Bewertung des Risikos der im Planungsverlauf getroffenen Annahmen bzw. der Unsicherheiten bezüglich der Planungsparameter,
- Darstellung eines kontinuierlichen Überblicks der Planungsrisiken im Projektverlauf und
- Integration der Risikomanagementsystematik in den Fabrikplanungsprozess.

Der Projektleitung bzw. dem Fabrikplaner soll damit ein umfassendes Konzept zur Verfügung gestellt werden, um die Planungsunsicherheiten bzw. Annahmen in dem Planungsprojekt berücksichtigen bzw. durch zielgerichteten Einsatz an Planungsressourcen reduzieren zu können. Durch die Kommunikation der aus diesen Unsicherheiten resultierenden Risiken an alle beteiligten Fachdisziplinen soll zudem eine Synchronisation in Bezug auf die Planungsergebnisse und enthaltenen Risiken unterstützt werden.

Die zentrale Leitfrage der Arbeit lässt sich somit folgendermaßen formulieren:

*Wie können die Elemente und Methoden des Risikomanagements in den Fabrikplanungsprozess integriert werden, so dass ein kontinuierlicher Überblick über die Planungsrisiken in Bezug auf die Gestaltung der Abläufe und Strukturen gegeben wird sowie die entscheidenden Stellhebel zur Beeinflussung des Risikos aufgezeigt werden?*

Zur strukturierten Problemdarstellung und Erreichung der ausgeführten Zielsetzung wurde die in Abbildung 1-3 veranschaulichte Vorgehensweise gewählt.

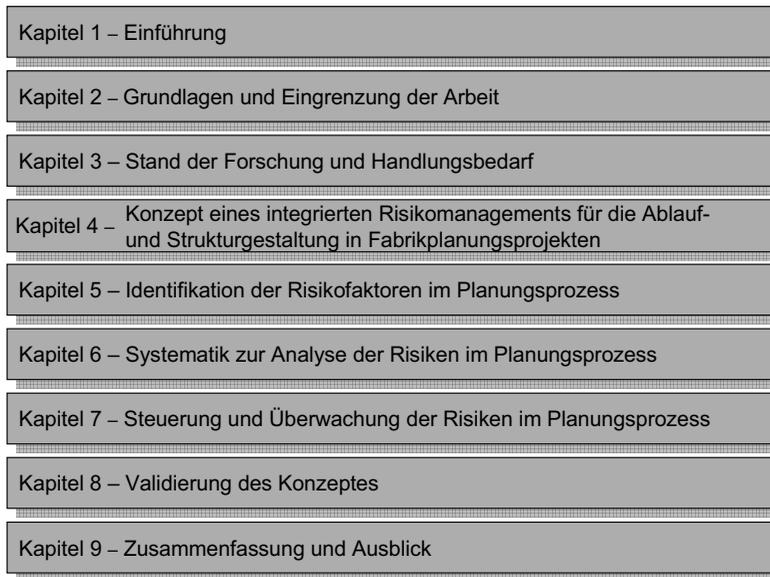


Abbildung 1-3: *Aufbau und Gliederung der Arbeit*

Nach einer Hinführung zum Thema und der Formulierung der Zielsetzung in *Kapitel 1* werden in *Kapitel 2* grundlegende Zusammenhänge, Begriffe und Inhalte der Fabrikplanung sowie des Risikomanagements erläutert und der Untersuchungsbereich der Arbeit eingegrenzt.

Im anschließenden *Kapitel 3* wird der Stand der Forschung in Bezug auf vorhandene Ansätze des Risikomanagements in der Fabrikplanung sowie Ansätze zur Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Fabrikplanung kritisch beleuchtet und bewertet. Auf Basis dieser Analyse wird der dieser Arbeit zugrunde liegende Handlungsbedarf für ein integriertes Konzept abgeleitet.

Die Darstellung des Gesamtkonzeptes erfolgt in *Kapitel 4*: Nach der Ableitung der Anforderungen aus dem aufgezeigten Handlungsbedarf werden die Einzel-elemente grob umschrieben, eine Einordnung des Konzeptes in den Fabrikplanungsablauf vorgenommen sowie die Schnittstelle hin zum Risikomanagementsystem des Unternehmens erläutert.

Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Elemente des Konzeptes erfolgt in den anschließenden Kapiteln. Zunächst werden in *Kapitel 5* die Systematik zur Bewertung der Auswirkung des Risikos in Bezug auf das Zielsystem präsentiert, die Risikofaktoren im Planungsprozess abgeleitet und der Schritt der Risikoidentifikation in den Fabrikplanungsprozess integriert. *Kapitel 6* stellt darauf aufbauend die Systematik zur Analyse der Risiken dar. Nach einem Überblick der Systematik werden deren Teilelemente, das Risikobewertungsmodell sowie das Planungsmodell, detailliert erläutert und deren Schnittstellen definiert. *Kapitel 7* beschreibt die Ableitung möglicher Steuerungsmechanismen sowie die Elemente zur Überwachung der Risiken.

Zur Validierung des Konzeptes wurde ein prototypisches Softwaretool entwickelt. In *Kapitel 8* wird dieses Tool zunächst grundlegend erklärt und anschließend die Anwendung des Konzeptes unter Einsatz des Softwaretools an einem konkreten Praxisbeispiel dargelegt. Die Erfahrung aus dem Planungsfall dient als Grundlage einer kritischen Würdigung des Konzeptes.

Zum Abschluss findet sich in *Kapitel 9* eine Zusammenfassung der Ergebnisse sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsschritte im Rahmen einer Synchronisation von Risikomanagement und Fabrikplanung.

## 2 Grundlagen und Eingrenzung des Untersuchungsbereiches

*„To climb steep hills requires slow pace at first.“*

WILLIAM SHAKESPEARE

Als Einführung in die Thematik und die Zielsetzung der Arbeit werden in diesem Kapitel grundlegende Begriffe definiert sowie elementare Zusammenhänge der Felder *Fabrikplanung* und *Risikomanagement* dargelegt.

Dazu werden in Abschnitt 2.1 die Grundlagen der Fabrikplanung und ihrer Elemente erläutert: Ausgehend von der Zielsetzung der Fabrikplanung werden Inhalt und Vorgehensweise sowie Methoden im Fabrikplanungsprozess dargestellt und aktuelle Trends auf dem Gebiet der Fabrikplanung aufgezeigt.

Im Weiteren werden fundamentale Begriffe des Risikomanagements vermittelt: Abgeleitet aus der Definition der Begriffe *Unsicherheit* und *Risiko* werden eine Einführung in das Risikomanagement gegeben und die einzelnen Elemente des Risikomanagements vorgestellt. Anschließend wird die Integration von Risiken in ein Risikomanagementsystem des Unternehmens beschrieben und schließlich auf Risiken in Projekten fokussiert.

Aufbauend auf den dargestellten Grundlagen der Fabrikplanung und des Risikomanagements wird in Abschnitt 2.3 der Untersuchungsbereich genauer spezifiziert. Mit einem Zwischenfazit in Abschnitt 2.4 schließt das Kapitel.

### 2.1 Grundlagen der Fabrikplanung und ihrer Elemente

#### 2.1.1 Begriffsbestimmung und Zielsetzung der Fabrikplanung

Der Begriff *Fabrik* stammt ursprünglich von dem lateinischen Wort „*fabrica*“ ab und bedeutet übersetzt Werkstatt (KETTNER ET AL. 1984, S. 1). In der Literatur existiert keine einheitliche Definition des Begriffs *Fabrik*. So definiert SPUR (1994) beispielsweise Fabriken als „... *Anstalten von gewerblichen Produktionsbetrieben, in denen gleichzeitig und regelmäßig Arbeitskräfte beschäftigt sind, die unter Einbeziehung von Planungs- und Verwaltungsarbeit eine organi-*

sierte Produktion unter Anwendung von Arbeitsteilung und Maschinen betreiben“. Ähnliche Definitionen finden sich bei AGGTELEKY (1990, S. 34, S. 42), KETTNER (1984, S. 1 f.) und SCHMIGALLA (1995, S. 34). FELIX (1998, S. 32) erweitert diese Sicht um die Produktionsfaktoren und definiert die Fabrik als Stätte zur Herstellung eines Produktes durch die Umwandlung der Faktoren Boden, Arbeit, Kapital, Energie und Information. Die Berücksichtigung der Produktionsfaktoren sowie eine Orientierung an der Wertkette nach PORTER (1992) bietet die Begriffsdefinition der Fabrik nach WIENDAHL (2003). Er definiert Fabrik als „... eine lokale Bündelung von primären Produktionsfaktoren (Personal, Betriebsmittel, Gebäude, Material) und deren Derivaten (Kapital, Wissen, Qualifikation), mit Hilfe derer in Form von Prozessen ein definierter Teil der Wertkette zur Erstellung abgeforderter Marktleistungen (i.d.R. Sachgütern) dargestellt wird. Üblicherweise erfolgt dies unter einheitlicher organisatorischer, technischer und wirtschaftlicher Leitung.“

Inhalt der Fabrikplanung ist die Auslegung und Gestaltung von Fabriken. WÖHE (2000, S. 134) definiert *Planung* als „... die gedankliche Vorwegnahme zukünftigen Handelns durch Abwägen verschiedener Handlungsalternativen und Entscheidung für den günstigsten Weg“. Planung bedeutet in diesem Sinn somit ein Treffen von Entscheidungen, die in die Zukunft gerichtet sind. Entsprechend der unterschiedlichen Betrachtungsweisen des Objektes Fabrik existieren auch zum Verständnis der *Fabrikplanung*<sup>1</sup> verschiedene Ausprägungen. Nach KETTNER (1984, S. 3) ist die Aufgabe der Fabrikplanung „...unter Berücksichtigung zahlreicher Rahmen- und Randbedingungen die Voraussetzungen zur Erfüllung der betrieblichen Ziele sowie der sozialen und volkswirtschaftlichen Funktionen einer Fabrik zu schaffen“. Ähnliche Definitionen zu Ziel und Aufgabe der Fabrikplanung finden sich bei AGGTELEKY (1990A, S. 26), FELIX (1998, S. 26), SCHMIGALLA (1995, S. 70) oder WIENDAHL (1999, S. 9-1). In Anlehnung an KUDLICH (2000, S. 12) definiert KOHLER (2007, S. 8) den Umfang und Inhalt der Fabrikplanung wie folgt:

*„Ziel der Fabrikplanung ist die systematische Entwicklung zukünftiger Betriebsstrukturen sowie die Auswahl der am besten geeigneten“*

---

<sup>1</sup> Als Synonyme für „Fabrikplanung“ werden stellenweise auch die Begriffe „Werkplanung“ oder „Werkstrukturplanung“ (SCHMIGALLA 1995, S. 13) sowie „Betriebsprojektierung“ (ROCKSTROH 1985, S. 14 f.) verwendet.

*ten Alternative anhand einer Zielformulierung, die alle Einflussfaktoren berücksichtigt“.*

Im Rahmen der Fabrikplanung wird das Planungsobjekt Fabrik häufig als komplexes System betrachtet und analysiert (vgl. u.a. AGGTELEKY 1990A, S. 21; EVERSHEIM & SCHUH 1999, S. 9-7; FELIX 1998, S. 48; SCHMIGALLA 1995, S. 71). Ein System lässt sich dabei nach HABERFELLNER (1994, S. 5 f.) durch seine *Elemente* (d.h. Teile oder Elemente) und deren *Konnektivität* (d.h. Relationen der Elemente zueinander) beschreiben und über definierte *Systemgrenzen* einschränken. Jedes Element kann dabei wiederum ein (Sub-)System darstellen. Die Systemtheorie unterscheidet drei grundlegende Konzepte von Systemen (ROPOHL 1999; MERTINS ET AL. 1994):

1. Das *Funktionale Konzept*: Ein System wird als Funktionseinheit betrachtet, das Inputs (Eingangsgrößen) gemäß den Systemeigenschaften in Outputs (Ausgangsgrößen) umwandelt (*Funktion des Systems*).
2. Das *Strukturelle Konzept*: Ein System wird in seiner Struktur, d.h. der Relationen zwischen den Elementen betrachtet (*Aufbau des Systems*).
3. Das *Hierarchische Konzept*: Ein System wird in seinen Stufen, d.h. Hierarchieebenen der Einzelsysteme und ihrer Subsysteme betrachtet (*Ebenen des Systems*).

Innerhalb dieser Arbeit soll eine Fabrik als *Produktionssystem* im Sinne der Systemtechnik betrachtet werden, das alle Elemente und zugehörigen Relationen enthält, die zur vollständigen Erstellung eines Produktes erforderlich sind (EVERSHEIM 1992, S. 2059). Der systemtheoretische Ansatz und die Betrachtung einer Fabrik oder ihrer Elemente als System sind insbesondere für eine abstrakte Modellierung sinnvoll und werden daher in Abschnitt 6.2 angewendet.

HERNÁNDEZ (2003, S. 42) unterteilt in Anlehnung an die Aufgliederung der *Planungsebenen* nach WIENDAHL (2001) das System Fabrik in fünf Systemebenen (Abbildung 2-1).

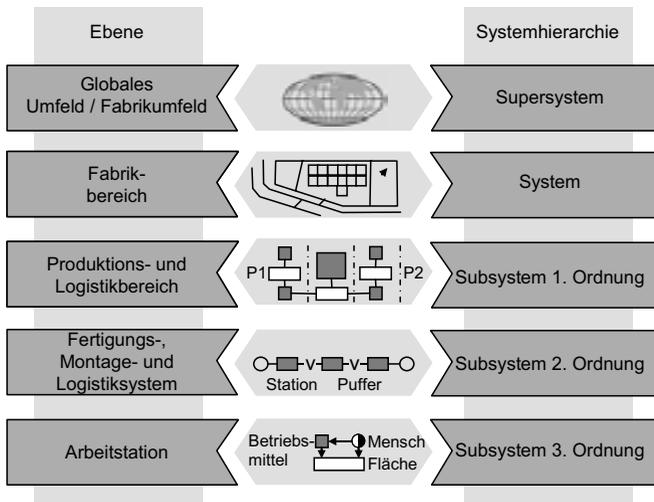


Abbildung 2-1: Planungsebenen der Fabrikplanung in der Systemhierarchie (in Anlehnung an HERNÁNDEZ 2003, S. 42)

Eine entsprechende Gliederung in Planungsebenen findet sich bei GAUSEMEIER (2006, S. 31) oder bei HENN & KÜHNLE (1999, S. 9-67).

Die *Arbeitsstation* bildet das kleinste Subsystem. Es beschreibt einzelne Fertigungs- oder Montagestationen samt Handhabungs- oder Automatisierungseinrichtungen. Eine Verkettung einzelner Arbeitsstationen oder Arbeitsplätze inkl. der zugehörigen Puffer ergibt die *Fertigungs-, Montage- oder Logistiksysteme*. Die räumliche Anordnung dieser Subsysteme ergibt das Feinlayout der Fabrik. Als *Produktions- oder Logistikbereich* wird eine Kombination dieser Subsysteme, die durch Material- oder Informationsflüsse miteinander verbunden sind, bezeichnet. Das Groblayout der Fabrik entsteht durch die räumliche Anordnung dieser Bereiche. Der *Fabrikbereich* stellt eine Zusammenfassung verschiedener Produktions- sowie indirekter Bereiche dar. Die Anordnung der einzelnen Bereiche innerhalb des Werkslayouts wird auch als Generalstruktur bezeichnet. In dem *Globalen Umfeld / Fabrikumfeld* werden Fabriken über ihren Standort positioniert. Die gezielte Verknüpfung verteilter angesiedelter Fabriken wird als Produktionsnetzwerk bezeichnet (ENGELBRECHT 2001).

Es werden zwei generelle Typen von Fabrikplanungsvorhaben unterschieden: die *Neuplanung* und die *Umplanung* (vgl. AGGTELEKY 1990A, S. 29 f.; REFA 1985, S. 149; WIENDAHL 1999, S. 9-1). Im Hinblick auf das sich stetig wandelnde

Unternehmensumfeld wird häufig auch die *kontinuierliche Planung* (oder *Rekonfiguration*) als weiterführender Fabrikplanungstyp genannt (vgl. u.a. SCHUH 2005; WECK ET AL. 2002; WESTKÄMPER 2004; WIENDAHL 2003). Die Neuplanung, die häufig auch als *Grüne-Wiese-Planung* bezeichnet wird (AGGTELEKY 1990A, S. 29), räumt dem Planungsteam ein Höchstmaß an Freiheit ein, da hier sämtliche Objekte und Eigenschaften der Fabrik neu gestaltet werden können. Anlass für eine solche Planung kann z.B. eine Erweiterung der bestehenden Anlagen oder die Aufnahme einer neuen Produktion sein. Die Umplanung besteht aus der Modernisierung oder Erweiterung bestehender Betriebsbereiche. Die kontinuierliche Planung resultiert aus der Integration neuer Produkte und Prozesse und erfordert eine Rekonfiguration einzelner Arbeitsstationen.

Hervorgehoben wird in der Literatur der projekthafte Charakter eines Fabrikplanungsvorhabens (vgl. u.a. AGGTELEKY 1990A, S. 39; BERGHOLZ 2005, S. 33; FELIX 1998, S. 11; KETTNER ET AL. 1984, S. 7; WIENDAHL 1999, S. 9-12). Die DIN 69901 definiert ein *Projekt* als „Vorhaben, das im Wesentlichen durch eine Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit definiert ist“ (DIN 69901 1987). LITKE (2005, S. 8) ergänzt diese Definition um folgende Merkmale: Ein Projekt hat ein festgelegtes Ziel(-system), einen definierten Anfang und ein definiertes Ende und muss mit begrenzten, vorher festgelegten Finanzmitteln und Ressourcen dieses Ziel erreichen. Der Projektcharakter der Fabrikplanung beginnt sich durch den aus dem dynamischen Unternehmensumfeld resultierenden Druck zur stetigen Veränderung zu wandeln (MEIER 2003, S. 157). Wie zuvor beschrieben, gewinnt im Feld der Fabrikplanung der Aspekt der kontinuierlichen Planung immer mehr an Bedeutung. Dennoch wird weiterhin – insbesondere bei Neuplanungen oder großen Umplanungen – der projekthafte Charakter bei vielen Fabrikplanungsvorhaben bestehen bleiben.

Als maßgebliche Zielfelder der Fabrikplanung sieht WIENDAHL (2002, S. 136) die vier Felder *Wirtschaftlichkeit* (z.B. Herstellkosten, Investitionskosten, ...), *Logistikleistung* (z.B. Lieferzeit, Liefertreue,...), *Veränderungsfähigkeit* (z.B. Flexibilität, Wandlungsfähigkeit, ...) und *Attraktivität* (z.B. Arbeitsumgebung, Ergonomie, ...). BAUMEISTER (2003) stellt eine Methodik vor, um die Ziele einer Fabrikplanung aus den übergeordneten Unternehmenszielen abzuleiten. Er definiert dabei die sieben Zielkategorien *Flexibilität*, *Wirtschaftlichkeit*, *Geschwindigkeit*, *Mitarbeiter*, *Ökologie*, *Kooperationsfähigkeit* und *Qualität*. Abhängig von der Strategie des Unternehmens kann so für das spezifische Fabrikplanungsprojekt eine Positionierung innerhalb dieser – teilweise konträren – Zielfelder erfolgen, um ein umfassendes Zielsystem für den Planungsfall vorzugeben.

### 3 Stand der Forschung und Handlungsbedarf

*„Das Problem zu erkennen ist wichtiger, als die Lösung zu finden, denn die genaue Darstellung des Problems führt fast automatisch zur richtigen Lösung.“*

ALBERT EINSTEIN

Aufbauend auf den im vorangegangenen Kapitel ausgeführten Grundlagen der Fabrikplanung und des Risikomanagements werden in diesem Kapitel bestehende Ansätze zum Risikomanagement in der Fabrikplanung bzw. Methoden zur Berücksichtigung von Unsicherheiten in den Planungsparametern bei der Gestaltung von Produktionssystemen untersucht.

Dazu werden zunächst in Abschnitt 3.1 Vorgehensweisen zum Risikomanagement in der Fabrikplanung, gegliedert nach den Planungsinhalten bzw. nach den Planungsphasen, erörtert. Im Anschluss werden Konzepte und Methoden, die den Faktor *Unsicherheit* in den Planungsparametern im Verlauf der Planung berücksichtigen, erläutert. Basierend auf diesen Ansätzen wird schließlich in Abschnitt 3.3 der Handlungsbedarf für ein integriertes Konzept zum Risikomanagement in der Ablauf- und Strukturgestaltung von Fabrikplanungsprojekten abgeleitet und in einer Zusammenfassung abschließend reflektiert.

#### 3.1 Ansätze zum Risikomanagement in der Fabrikplanung

Die Fabrikplanung als Teil der (strategischen) Unternehmensplanung bezieht sich in der Regel auf hohe Investitionsvorhaben. Auf Grund ihres Planungscharakters, d.h. der Festlegung von Eigenschaften des Produktionssystems im Hinblick auf zukünftige Erwartungen, treten in besonderem Maße Risiken auf. Im Folgenden sollen Ansätze zum Risikomanagement in der Fabrikplanung analysiert werden.

Wie in Abbildung 3-1 illustriert, soll diese Analyse einerseits Ansätze aus den verschiedenen Planungsfeldern, andererseits aus den unterschiedlichen Planungsphasen aufzeigen.

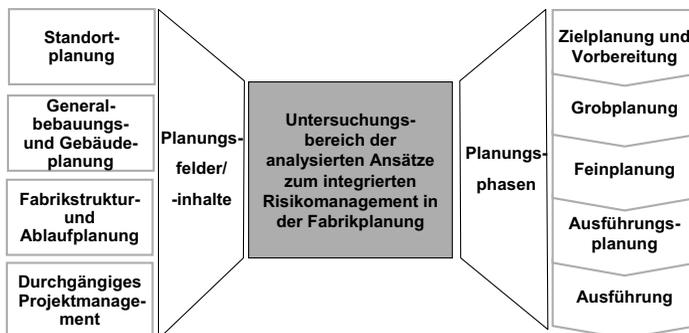


Abbildung 3-1: Darstellung des Untersuchungsbereiches zu Ansätzen des Risikomanagements in der Fabrikplanung

#### 3.1.1 Risikomanagementansätze in den verschiedenen Planungsfeldern der Fabrikplanung

Die untersuchten Ansätze lassen sich den Planungsfeldern bzw. -inhalten der Standortplanung, der Generalbebauungs- und Gebäudeplanung, der Fabrikstruktur- und der Ablaufplanung sowie dem durchgängigen Projektmanagement zuordnen.

Die *Standortplanung* ist Bestandteil der strategischen Planung des Unternehmens und besitzt auf Grund des langfristig bindenden Charakters (Planungshorizont 15 bis 30 Jahre) eine wesentliche Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens (GRUNDIG 2006, S. 219). HINKEL (2006) stellt einen Beitrag zur risikoorientierten Standortgestaltung vor, in welchem er die Interdependenzen zwischen dem Risikomanagement und der Standortstrukturgestaltung ausarbeitet und anschließend die Funktionen und Prozesse einer risikoorientierten Standortstrukturgestaltung ableitet. Er entwickelt einen Ansatz, um diese Risiken zu modellieren, und führt Partialmodelle zur Berücksichtigung politischer Risiken und Währungsrisiken detaillierter aus. Weitere Ansätze zum Risikomanagement in der Standortplanung finden sich u.a. bei BUHMANN ET AL. (2004), ABELE ET AL. (2006B) und WILDEMANN (2000). Diese Ansätze beziehen sich insbesondere auf die Entwicklung der sog. Standortfaktoren (Lohnkosten, Produktivitätsniveau, politische Verhältnisse etc.).

Ein zentrales Planungsfeld der Fabrikplanung ist die *Generalbebauungs- und Gebäudeplanung*, auf die die Projektcharakteristik des Planungsobjektes *Fabrik*

übertragen werden kann. Diese Bauprojekte bieten auf Grund ihres Projektcharakters ebenso ein Einsatzfeld für das Risikomanagement. BUSCH (2005) präsentiert ein ganzheitliches, probabilistisches Risikomanagement-Prozessmodell für projektorientierte Unternehmen der Bauwirtschaft. Er stellt ein Modell vor, das mittels acht Modulen, ausgehend von dem Risikomanagementprozess auf Projektebene, diese Risiken analytisch aggregiert und in das Risikomanagementsystem des Unternehmens integriert. Hauptgegenstand seiner Arbeit ist dabei, die Risikobelastung, die Risikodeckung und die Risikoprozesssteuerung für das Gesamtunternehmen aufzuzeigen. Der Risikomanagementprozess auf Projektebene orientiert sich an dem Vier-Phasen-Standardmodell: Die Risikoidentifikation erfolgt mittels „pondering“ (engl. für Grübeleien), Brainstorming oder Checklisten. Die Bewertung der Risiken wird über eine Multiplikation der Eintrittswahrscheinlichkeit mit der Tragweite durchgeführt. Als Methode für die anschließende Klassifizierung wird das Risiko-Portfolio bzw. die ABC-Analyse gewählt. Nach einer Ausführung zu Methoden zur Risikobewältigung stellt BUSCH als letzten Schritt seines Prozessmodells die Ermittlung der Kosten für die akzeptierten Risiken anhand deterministischer bzw. probabilistischer Verfahren (Monte-Carlo-Simulation<sup>13</sup>) vor.

Ein weiteres Verfahren zum Risikomanagement in Bauprojekten konzipiert WERNER (2003). In seiner Methode zur datenbankgestützten Risikoanalyse von Bauprojekten erstellt er ein Simulationsmodell, das mittels einer Monte-Carlo-Simulation Termin- und Kostenrisiken zu einem Gesamtprojektrisiko verrechnet. Basierend auf einer Stammdatenbank, in der Erfahrungswerte für Vorgänge gesammelt sind, werden für die Zeit-, Mengen- und Kostenaufwände Störungen mittels Wahrscheinlichkeitsfunktionen nachgebildet und die Gesamtauswirkung bzgl. Termin bzw. Kosten simuliert. Das Ergebnis, ein bewertetes Projektrisiko, kann in der Auftragskalkulation mitberücksichtigt werden. Weitere Ausführungen zu einem Risikomanagement bei Bauprojekten oder in der Bauindustrie finden sich u.a. bei GIRMSCHEID (2006), NEMUTH (2006) und NÖSTLTHALLER (2004).

Die zuvor geschilderten Ansätze beschränken sich ausschließlich auf das Risikomanagement in der Gebäudeplanung. Es findet keine Spezifizierung auf Fabrikplanungsprojekte statt. Die Methode der Monte-Carlo-Simulation zur Aggre-

---

<sup>13</sup> Zur Erläuterung der Methode der Monte-Carlo-Simulation (MCS) vgl. Abschnitt 6.3.4 später.

gation der Risiken, insbesondere bei Interdependenzen zwischen den Risiken, kann jedoch auch auf die Risikoanalyse in der Ablauf- und Strukturgestaltung übertragen werden.

Ein *durchgängiges Projektmanagement* ist zentraler Bestandteil der Fabrikplanung (vgl. Abschnitt 2.1.2). Zahlreiche Autoren untersuchen die Methodik bzw. die Systematik eines Risikomanagements für Projekte (vgl. u.a. FRANKE 1990; HARRANT & HEMMICH 2004; LITKE 2005; SCHNORRENBERG ET AL. 1997; WALLMÜLLER 2004; WILLIAMS 2003). Sie behandeln hier meist als Projektbeispiele F&E-Projekte sowie IT-Softwareprojekte. Eine Detaillierung im Hinblick auf die Charakteristika bzw. spezielle Anforderungen von Fabrikplanungsprojekten wird jedoch nicht vorgenommen.

DOMBROWSKI (2002) fordert für Fabrikplanungsprojekte auf Grund ihrer hohen Komplexität den Einsatz von Projektmanagementsystemen. Er stellt ein Konzept vor, das im Rahmen eines ganzheitlichen Planungsansatzes der Digitalen Fabrik ein umfassendes Projektmanagementsystem für die Fabrikplanung realisiert. Dieses System beinhaltet zum einen die operativen Funktionalitäten der Projektstrukturplanung, der Aufwandsabschätzung, der Ablauf- und Ressourcenplanung sowie der Kostenplanung, zum anderen zeigt es die unterstützenden Funktionalitäten des Dokumentenmanagements, des Wissensmanagements sowie des CSCW/Groupware-Ansatzes auf. Der explizit geforderte integrale Bestandteil des Projektmanagements (vgl. hierzu Abschnitt 2.2.4), das Risikomanagement, ist in diesem Konzept nur indirekt über die Fortschrittsüberwachung bzw. die Steuerungsmaßnahmen berücksichtigt und nicht näher ausgeführt. Eine systematische Identifikation bzw. Analyse potentieller Risiken ist nicht vorgesehen. Der Ansatz bietet somit den konzeptionellen Rahmen, um das Risikomanagement als Bestandteil des Projektmanagements in die Systeme der Digitalen Fabrik zu integrieren. Die Funktionalitäten für ein Risikomanagement in der Fabrikplanung sowie die Synchronisation mit den Planungsprozessen sind jedoch nicht ausgearbeitet.

Die genaue Betrachtung der Methoden bzw. Konzepte zeigt, dass für Teile der Gestaltungsfelder der Fabrikplanung, nämlich die Standortplanung sowie die Gebäudeplanung, umfassende Ansätze zum Risikomanagement existieren. Die dort eingesetzten Methoden wie die Monte-Carlo-Simulation sowie die Risikolandkarte können entsprechend auf ein Konzept zum Risikomanagement in der Ablauf- und Strukturplanung transferiert werden. Ein ganzheitlicher Ansatz für dieses Konzept sowie die Integration in die Planungsprozesse als Bestandteil

des durchgängigen Projektmanagements müssen jedoch im Zuge dieser Arbeit untersucht werden.

#### **3.1.2 Risikomanagementansätze in den verschiedenen Planungsphasen der Fabrikplanung**

Die untersuchten Ansätze lassen sich den Planungsphasen (vgl. Abbildung 3-1) der Zielplanung und Vorbereitung, der Grobplanung, der Feinplanung, der Ausführungsplanung sowie der Ausführung zuordnen.

REINHART & VON BREDOW (2006) stellen in ihrem *Konzept zur Gestaltung von Wertschöpfungsketten* Methoden und Werkzeuge zum Risikomanagement in Produktionsnetzwerken vor. Dieser Ansatz lässt sich den Phasen der strategischen Unternehmensplanung sowie der frühen Zielplanung zuordnen. In ihrem Konzept erörtern sie drei zentrale Risiken der globalen Produktion: die Qualität, die Kosten der Produktionsfaktoren sowie die Flexibilität und Liefertreue. Zur quantitativen Bewertung von unterschiedlichen Netzwerkkonfigurationen, d.h. der Verteilung von Standorten und deren Vernetzung, wird eine Methode vorgestellt, bei der primäre Unsicherheiten über einen Zustandsbaum und sekundäre Unsicherheiten über stochastische Modellierung (Monte-Carlo-Simulation) abgebildet werden, die diskontierten Cash-Flows mittels des Realoptionenansatzes zu resultierenden Projektwerten verrechnet werden und so das projektspezifische Risiko kalkuliert werden kann. Dieser Ansatz fokussiert sich insbesondere auf die Verteilung der Wertschöpfungsumfänge auf verschiedene Standorte. Auf Gestaltungsrisiken im Grobplanungsprozess insbesondere einzelner Produktionssysteme wird nicht näher eingegangen.

Das Risikomanagement in der Phase des *Produktionsanlaufs* steht im Fokus der Untersuchung von ZÄH & MÖLLER (2004). In ihrem Konzept werden zur Risikoidentifikation aus einem Prozessmodell des Serienanlaufs Risikoträger abgeleitet, auf die externe bzw. interne Risikofaktoren wirken. Die Bewertung des Risikos erfolgt mittels eines Würfels mit den Dimensionen Menge, Kosten und Qualität (die das Zielsystem des Produktionsanlaufes darstellen), auf dem die Auswirkungen der einzelnen Faktoren visualisiert werden. Die Steuerung und Überwachung der Risiken erfolgt über eine Risikolandkarte. Auf die Risiken in der Gestaltung bzw. der detaillierten Dimensionierung des Produktionssystems wird in diesem Ansatz nicht eingegangen.

## **4 Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten**

*“Plans are nothing, planning is everything.”*

DWIGHT D. EISENHOWER

Basierend auf dem im vorhergehenden Kapitel identifizierten Handlungsbedarf und der Zielsetzung der Arbeit werden im Folgenden die Anforderungen an ein integriertes Konzept zum Risikomanagement in der Gestaltung der Abläufe und Strukturen von Produktionssystemen abgeleitet (Abschnitt 4.1). Aufbauend auf diesen Anforderungen erfolgen eine Erläuterung des Konzeptes und eine Beschreibung der einzelnen Elemente bzw. ihrer Zusammenhänge (Abschnitt 4.2). Diese dienen als Basis einer ausführlichen Herleitung der einzelnen Gestaltungsschwerpunkte des Konzeptes, die in den nachfolgenden Kapiteln detailliert werden. In Abschnitt 4.3 wird ein Vorschlag zur Einbindung des Konzeptes in das Risikomanagementsystem des Unternehmens präsentiert. Mit einem Zwischenfazit (Abschnitt 4.4) schließt dieses Kapitel.

### **4.1 Anforderungen an das Konzept**

Die Untersuchung zum Stand der Forschung hat gezeigt, dass zahlreiche Ansätze existieren, die Teilbereiche des Themenfeldes beinhalten bzw. behandeln. Es wurden Handlungsbedarfe aufgezeigt, die zu einer ganzheitlichen Integration des Risikomanagementprozesses notwendig sind. Im Folgenden sollen darauf aufbauend die Anforderungen an das integrierte Konzept formuliert werden. Diese Anforderungen lassen sich zum einen aus der Systematik des Risikomanagements, zum anderen aus der Systematik der Fabrikplanung ableiten (Abbildung 4-1).

## 4 Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten

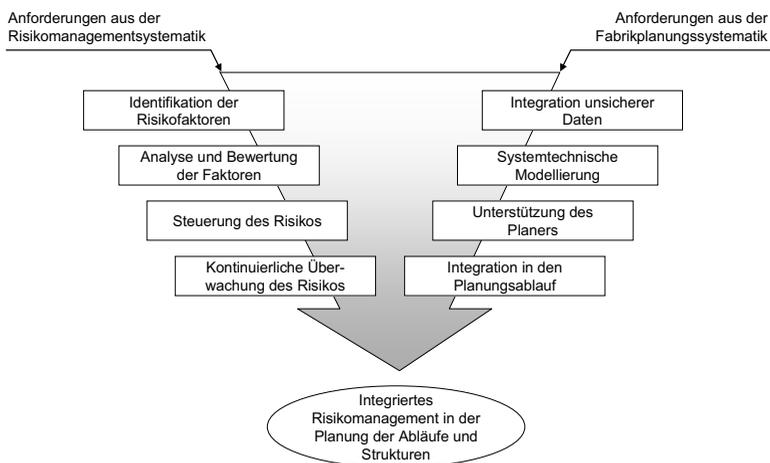


Abbildung 4-1: Anforderungen an ein Konzept zum integrierten Risikomanagement in der Ablauf- und Strukturgestaltung

### 4.1.1 Anforderung aus der Systematik des Risikomanagements

Die Anforderungen aus der Systematik des Risikomanagements leiten sich aus den vier Elementen des Risikomanagementprozesses (vgl. Abschnitt 2.2.2) ab.

Als erste Anforderung lässt sich die *Identifikation der Risikofaktoren* formulieren. Ziel des Konzeptes sollte es dabei sein, eine strukturierte und detaillierte Erfassung aller Risikopotentiale, die in der Gestaltung des Produktionssystems liegen, zu ermöglichen. Hierfür muss eine entsprechende Methodik initiiert werden, auf deren Basis die Identifikation und Strukturierung durchgeführt werden kann. Dabei gilt es zu beachten, dass die Risikoidentifikation kein einmaliger, sondern ein kontinuierlicher Prozess ist.

Das Konzept muss ferner die *Analyse und Bewertung* dieser identifizierten Risikofaktoren ermöglichen. Ziel der Analyse sollte sein, das Risikopotential jedes einzelnen Faktors zu ermitteln. Die Bewertung muss gemäß der Definition des Risikos auf die zu erreichenden Ziele des Systems bezogen werden. Des Weiteren ist eine Klassifizierung der Risiken notwendig, um eine Priorisierung in der Ableitung der Maßnahmen vornehmen zu können. Schließlich ist eine Aggregation der Risiken zur Darstellung des Gesamtrisikos in der Gestaltung des Produktionssystems als Teil der Risikoanalyse zu konzipieren.

Zur Beeinflussung der analysierten Risiken ist ein Prozess zur *Risikosteuerung* notwendig. Anhand der vorgenommenen Priorisierung müssen geeignete Maßnahmen erarbeitet werden, die es erlauben, das Risikopotential zu eliminieren oder zu reduzieren. Abhängig von der gewählten Risikosteuerungsstrategie können entsprechende Vorgehensweisen zur Risikosteuerung definiert werden.

Als vierte und letzte Anforderung auf Basis der Risikomanagementsystematik lässt sich eine *kontinuierliche Überwachung* des Risikos formulieren. Nach der Einleitung der Maßnahmen muss die Wirkung der Steuerungsprozesse überwacht und potentielle neu auftretende Risiken in den Analyse- und Steuerungsprozess integriert werden. Ein geeignetes Instrumentarium ist zu erstellen, das einen effizienten Überwachungsprozess gewährleistet.

### 4.1.2 Anforderungen aus der Systematik der Fabrikplanung

Zusätzlich zu den Anforderungen aus der Systematik des Risikomanagements lassen sich ebensolche auch für die Fabrikplanung ableiten:

Als erste Anforderung aus der Systematik der Fabrikplanung lässt sich die *Integration unsicherer Daten* formulieren. Diese Anforderung beinhaltet zwei Aspekte: Zum einen muss es möglich sein, die Planungsparameter in ihrer Unschärfe in der Planungsbasis hinterlegen zu können, zum anderen, diese Varianz in den Parametern bzgl. ihrer Auswirkung auf das Zielsystem zu analysieren.

Für das integrierte Konzept ist somit eine *systemtechnische Modellierung* des Produktionssystems notwendig. Diese Modellierung muss einerseits die als Risikofaktoren identifizierten Planungsparameter integrieren, andererseits aber auch eine parametrisierte Darstellung von offenen Entscheidungen ermöglichen. Der systemtechnische Aspekt der Modellierung erfordert eine Integration der Wirkzusammenhänge der Faktoren in Bezug auf das Zielsystem sowie eine Funktionalität zur Aufgliederung gemäß den unterschiedlichen Hierarchieebenen des Systems. Bestandteil der Modellierung muss dabei insbesondere eine integrierte Ressourcendimensionierung sein. Die Auswirkungen verschiedener Szenarien müssen mittels des Modells schnell und umfassend bewertet werden können.

Zur *Unterstützung des Planers* muss eine Methode zum Aufzeigen von Gestaltungsalternativen zur Steuerung des Risikos in das Konzept integriert werden.

## 4 Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten

---

Die im Risikomanagement vorgegebenen Risikosteuerungsstrategien sollen auf den Fabrikplanungsprozess transferiert werden. Eine Methode zur Auswahl und Bewertung der Risikosteuerungsstrategien muss in dem Konzept vorgesehen werden, um dem Fabrikplaner eine geeignete Unterstützung im Planungseinsatz zu bieten.

Als letzte Anforderung aus der Systematik der Fabrikplanung ist die *Integration in den Planungsablauf* zu nennen. Ein kontinuierlicher Abgleich der Plandaten und der daraus resultierenden Risiken muss im Verlauf der zunehmenden Detaillierung der Planung ermöglicht werden. Das Konzept muss daher so ausgestaltet werden, dass es keinen einmaligen Vorgang darstellt, sondern als Bestandteil in den Planungsprozess integriert wird. Dies erfordert zusätzlich einen Abgleich mit den in den einzelnen Phasen eingesetzten Werkzeugen und/oder Methoden, insbesondere der Simulation, die zur Validierung der Aussagen ab der Grobplanungsphase eingesetzt werden kann.

### 4.2 Entwurf des integrierten Konzeptes

Auf Basis der genannten Anforderungen kann nun der Entwurf des integrierten Konzeptes erfolgen. Dazu werden in den folgenden Abschnitten zunächst das Grobkonzept erörtert, anschließend die einzelnen Elemente des Konzeptes kurz erläutert und deren Einbindung in den Fabrikplanungsprozess dargelegt. Schließlich werden die Restriktionen bzw. Voraussetzungen für den Einsatz des Projektes ausgeführt.

#### 4.2.1 Darstellung des integrierten Konzeptes

Das Konzept lässt sich in die vier Hauptprozesse Identifikation, Analyse, Steuerung und Überwachung gliedern. Jeder dieser Prozesse beinhaltet spezifische Methoden in den zwei Kernsystematiken, der Risikomanagementsystematik und der Planungssystematik. Abbildung 4-2 verdeutlicht die einzelnen Elemente des Konzeptes, das anschließend in seinen Grobzügen beschrieben wird.

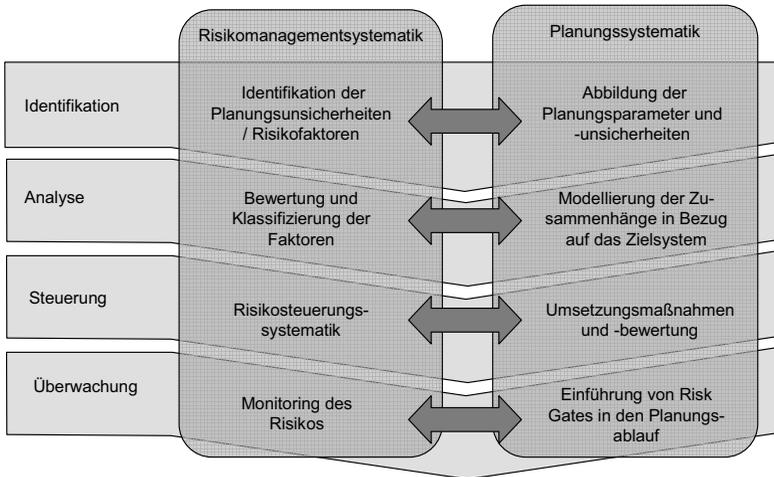


Abbildung 4-2: Konzept zum integrierten Risikomanagement für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten

#### 4.2.2 Grobbeschreibung der einzelnen Elemente des Konzeptes

Das Konzept stellt die geforderte Integration des Risikomanagements mit dem Fabrikplanungsprozess dar. Basierend auf den vier Hauptprozessen der Identifikation, Analyse, Steuerung und Überwachung des Risikos können einzelne Schritte des Konzeptes der Risikomanagement- und der Planungssystematik zugeordnet werden, die im Folgenden kurz beschrieben werden:

Im Prozess der *Identifikation* werden gemäß der Risikomanagementsystematik die singulären Unsicherheiten bzw. Risikofaktoren systematisch identifiziert. Hierzu werden in der Planungssystematik eine umfassende Übersicht der Planungsparameter bereitgestellt bzw. die identifizierten Unsicherheiten für die einzelnen Parameter darin abgebildet<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> In der Risikomanagementliteratur wird der Prozessschritt der (wertmäßigen) Bestimmung der Unsicherheit bzw. der Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos meist als Element der Risikoanalyse aufgeführt. Da die Identifikation der Risikofaktoren im hier ausgeführten Konzept aber auf den Unsicherheiten in den Planungsparametern beruht, wird die Bestimmung der Unsicherheit dem Prozess der Identifikation zugeordnet.

## 5 Identifikation der Risikofaktoren im Planungsprozess

*„Jede Erkenntnis ist ein Identifizieren des Nichtgleichen.“*

FRIEDRICH NIETZSCHE

Die Risikoidentifikation stellt das erste Element des im vorherigen Kapitel vorgestellten integrierten Konzeptes dar. Sie umfasst dabei einen entscheidenden Schritt im Risikomanagement: Nur Risiken, die identifiziert wurden, können in der Planung auch bewertet und berücksichtigt werden.

Zunächst wird in Abschnitt 5.1 der Zusammenhang zwischen den Ursachen und der Wirkung des Risikos im Zielsystem der Fabrikplanung erläutert. Anschließend erfolgt in Abschnitt 5.2 eine Ableitung relevanter Risikofaktoren aus den Planungsparametern und die Erstellung einer Risiko-Checkliste. Darauf aufbauend stellt Abschnitt 5.3 eine Typologisierung der Unsicherheiten in den Planungsparametern vor. In Abschnitt 5.4 werden die Einzelschritte der Risikoidentifikation zusammengeführt und in den Planungsprozess integriert. Das Zwischenfazit in Abschnitt 5.5 fasst die Ergebnisse des Kapitels zusammen und leitet zum nächsten Kapitel über.

### 5.1 Systematik der Risikoauswirkung im Zielsystem

Gemäß der dieser Arbeit zu Grunde gelegten Definition des Risikos (vgl. S. 23) bezieht sich das Risiko immer auf ein Zielsystem. Dieses Zielsystem wird in der Zielplanungsphase für das Projekt definiert. Entscheidend für die Risikobetrachtung ist dabei die Unterscheidung in die ursachen- und die wirkungsbezogene Komponente. Abbildung 5-1 stellt den Zusammenhang zwischen den Risikoursachen und ihrer Wirkung dar und verdeutlicht die Systematik der Risikoauswirkung im Zielsystem für den betrachteten Fall der Fabrikplanung.

Der Effekt der primären Risikoquellen, der Risikoursachen, kann auf entsprechende Risikofaktoren transferiert und so durch Unsicherheiten in den Planungsparametern abgebildet werden. Diese Risikofaktoren wirken auf die sog. Risikoträger, die Ressourcen der Fabrik, und spiegeln sich in deren Ausprägung wider. Diese Ausprägung resultiert letztendlich in der Risikoauswirkung auf das Zielsystem der geplanten Fabrik.

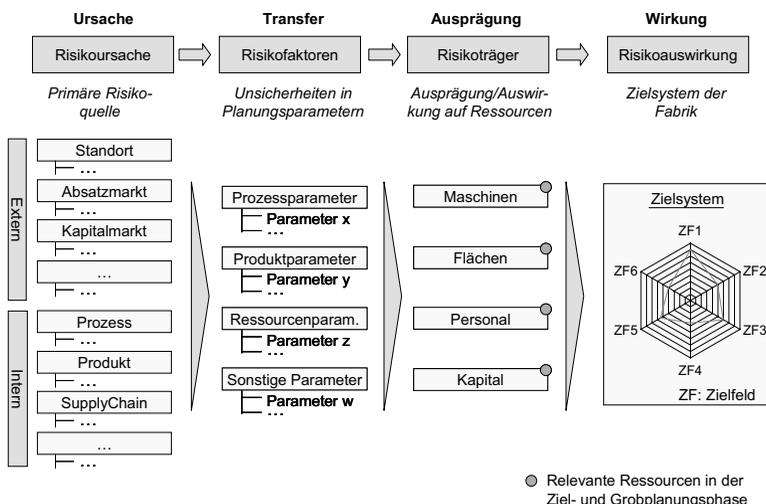


Abbildung 5-1: Systematik der Risikoauswirkung im Zielsystem

Die *Risikoursachen* können sowohl interner als auch externer Natur sein und sind Ereignisse oder Entwicklungen, die einen ursächlichen Einfluss auf eine negative Zielerreichung haben. Auf Grund der in der Realität mannigfaltigen Komplexität und Varietät der Risikoursachen ist eine ganzheitliche bzw. generische Erfassung für alle Planungsprojekte nicht möglich. Deswegen ist es angebracht, einen Transfer der Ursachen hin auf *Risikofaktoren* durchzuführen, um so die Risikoursachen als Unsicherheiten in den Planungsparametern abzubilden. Häufig, insbesondere in der Initialphase der Planung, müssen Annahmen zu Parametern getroffen werden, die im Laufe der Planung detailliert bzw. verifiziert werden. Auch diese Annahmen stellen ein Risiko für das Zielsystem dar. Auf eine systematische Ableitung der Planungsparameter soll im nachfolgenden Abschnitt 5.2 eingegangen werden, um mittels einer Checkliste die Suche nach potentiellen Risikofaktoren zu erleichtern.

Die Planungsparameter bilden die Basis für die Ausplanung, d.h. die Gestaltung und Dimensionierung der Abläufe und Strukturen, des Produktionssystems. In diesem Planungsprozess werden die Ressourcen, die die Grundelemente eines jeden Produktionssystems bilden (vgl. HARTMANN 1993, S. 55), ausgewählt bzw. dimensioniert. Diese Ressourcen können als die *Risikoträger* interpretiert werden. Die Ausprägung des Risikos kann sich hierbei auf die Ressourcenanzahl, aber auch auf die Kosten für die Ressourcennutzung beziehen. Nach

SCHUH (1989) werden die sechs grundlegenden Ressourcen *Maschine*, *Personal*, *Fläche*, *Kapital*, *Material* und *Information* unterschieden<sup>24</sup>. Mit der Ausgestaltung der Ressourcen und ihrer Schnittstellen wird während des Planungsprozesses eine Optimierung der Zielerfüllung in Bezug auf das Zielsystem der Fabrik durchgeführt. Die Hauptgestaltungsobjekte in der Ziel- und Grobplanungsphase sind die drei Ressourcen *Maschine*, *Personal* und *Fläche*. Zudem ist zur Bestimmung des Finanzierungsbedarfes eine Aussage bzgl. des benötigten *Kapitals*, d.h. insbesondere der Investitionen bzw. des Umlauf- und Lagerbestandes, notwendig. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll daher die Risikoausprägung bzw. -auswirkung auf diese vier Ressourcen untersucht werden.

Die letztendliche *Risikoauswirkung* bezieht sich auf ebendieses Zielsystem, welches durch die Zielfelder (vgl. das in Abbildung 5-1 visualisierte Zielprofil mit den Zielfeldern  $ZF_x$ ) definiert wird. Das Zielsystem des jeweiligen Planungsprojektes, das die Projektzielgröße *Qualität* beschreibt (vgl. auch Abschnitt 2.2.4), wird in diesen Zielfeldern durch einzelne Zielgrößen bestimmt und kann individuell von Fall zu Fall variieren. Klassische Zielgrößen stellen hierbei (vgl. Abschnitt 2.1.1) die Herstellkosten, Investitionen, Bestände, Durchlauf- und Lieferzeiten, Qualität der Produkte etc. dar. Über die Auswirkung auf einzelne Zielgrößen kann das Risiko jedes Faktors bezüglich des Zielsystems ermittelt werden.

Nach der Ausführung der Systematik zur Beurteilung der Risikoauswirkung für die Fabrikplanung werden im nächsten Abschnitt die Ableitung der Risikofaktoren und der Transfer auf die Planungsparameter erörtert.

---

<sup>24</sup> Die Ressource *Betriebsmittel* umfasst dabei alle Maschinen, Anlagen, Vorrichtungen, Werkzeuge und Hilfsmittel für die Fertigung, die Montage, den Transport, die Lagerung etc. (EVERSHEIM 1996, S. 76; HEUMANN 1993). Die Ressource *Fläche* integriert zu der Grundfläche auch die gebäudetechnischen Aspekte. Die Ressource *Personal* schließt sowohl direktes als auch indirektes Personal ein. Die Ressource *Material* beinhaltet alle Umlaufbestände im Prozess, d.h. alle Baugruppen und Einzelteile sowie Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, die sich in den Puffern und Lagern befinden. Die Ressource *Kapital* besteht aus dem zum Produktionsbetrieb notwendigen Geldmitteleinsatz. Die Ressource *Information* beinhaltet alle für die Durchführung und Steuerung der Prozesse in einem Produktionssystem erforderlichen Informationen und Dokumente.

## 5.2 Ableitung potentieller Risikofaktoren aus den Planungsprozessschritten

Die Ursache der einzelnen Risiken muss, wie im vorherigen Abschnitt präsentiert, über die Unsicherheiten in den Planungsparametern auf die Risikofaktoren transferiert werden. Diese Planungsparameter bilden – als Planungsdatenbasis – die Grundlage für die Ausgestaltung des Produktionssystems und werden im Laufe der Planung kontinuierlich ergänzt bzw. verfeinert (vgl. KETTNER ET AL. 1984, S. 19).

Die Planungsparameter lassen sich grundsätzlich in drei Gruppen unterteilen:

- *Systemkonfigurierende Parameter:* Anhand dieser konfiguriert und optimiert der Planer das Produktionssystem (d.h. bspw. den Bearbeitungsprozess, die Festlegung des Schichtmodells, das Steuerungsprinzip etc.).
- *Systemimmanente Parameter:* Sie resultieren aus der Konfiguration des Systems (bspw. der Flächenbedarf der Maschine, die Maschinenkosten, die Maschinenkapazität etc.).
- *Externe Parameter:* Sie ergeben sich aus den Randbedingungen des Systems und sind vom Planer nicht beeinflussbar (bspw. die Lohnkosten, das Produkt, das Produktionsvolumen etc.).

Für das Konzept des integrierten Risikomanagements sind alle drei Parameterklassen relevant, jedoch in unterschiedlichen Prozessschritten. Risikofaktoren im Sinne der in Abbildung 5-1 veranschaulichten Systematik stellen dabei die systemimmanenten und externen Parameter dar. Auf Basis dieser konfiguriert und dimensioniert der Planer das System, d.h. er legt die systemkonfigurierenden Parameter fest. Unterschiedliche Planungsvarianten können durch Alternierungen in dieser Parameterklasse erzeugt werden. Unsicherheiten im Sinne eines Risikos liegen somit nur für die systemimmanenten bzw. externen Parameter vor und müssen daher in den Prozessschritten der Risikoidentifikation und Risikobewertung berücksichtigt werden. Der Fokus des Prozessschrittes der Risikosteuerung liegt hingegen auf den systemkonfigurierenden Parametern, da durch sie das Produktionssystem umgestaltet und somit das Risiko vermindert oder eliminiert werden kann.

Wie in Abschnitt 2.1.2 erläutert, sind folgende Prozessschritte Inhalt der Fabrikstruktur- und Ablaufplanung:

- Betriebsmittelplanung: Festlegung der zur Bearbeitung, Montage und ggf. Demontage notwendigen Betriebsmittel und Arbeitsplätze hinsichtlich ihrer Anzahl, ihrer Gestaltung sowie ihres Flächen- und Investitionsbedarfs.
- Transportplanung: Bestimmung aller Transportmittel (inkl. der Förder-technik) und Festlegung der Prozesse, die zur Realisierung des innerbetrieblichen Transports notwendig sind.
- Lagerplanung: Dimensionierung aller Lager- und Pufferflächen sowie Ermittlung des Investitionsbedarfes für Lagerhilfsmittel.
- Steuerungsplanung: Festlegung der Steuerungsstrategien der Fertigungsteile sowie Definition der Fertigungslosgrößen.
- Personalplanung: Dimensionierung und Strukturierung (Aufbau der Organisation) der erforderlichen direkten und indirekten Mitarbeiter.
- Layout- und Strukturplanung: Anordnung der Maschinen und indirekter Bereiche zu einem Groblayout samt Transportwegen.

Auf Basis dieser Prozessschritte kann nun eine systematische Auflistung der potentiellen Risikofaktoren erfolgen. Die Grundlage für diesen Überblick der Planungsparameter ist eine umfassende Analyse der vom Verfasser im Rahmen seiner Tätigkeit bei einem Unternehmen aus der Beratungsbranche in den letzten Jahren durchgeführten Fabrikplanungsprojekte sowie eine detaillierte Literaturrecherche (u.a. AGGTELEKY 1990A; AGGTELEKY 1990B; FELIX 1998; GRUNDIG 2006; KETTNER ET AL. 1984; SCHMIGALLA 1995; WERNER 2001). Diese Grundlage konnte in Zusammenarbeit mit Fabrikplanungsexperten unterschiedlicher Branchen bestätigt werden. Aus Abbildung 5-2 geht die Zuordnung der Parameter zu den einzelnen Planungsschritten hervor.

## 6 Systematik zur Analyse der Risiken im Planungsprozess

*„What you don't measure, you don't manage!“*

UNBEKANNT

Die Risikoanalyse bildet den zweiten Prozessschritt des integrierten Konzeptes und fußt auf den im vorherigen Kapitel beschriebenen identifizierten Risikofaktoren. Diese müssen in ihrer Auswirkung auf das Zielsystem – gemäß der ausgeführten Systematik zur Risikoauswirkung – bewertet und geclustert, d.h. nach Auswirkung und Eintrittswahrscheinlichkeit gegliedert werden, um im nachfolgenden Schritt mögliche Steuerungsmaßnahmen ab- bzw. einleiten zu können.

Hierzu wird zunächst der Aufbau und die Konzeption der Analysesystematik mit ihren zwei grundlegenden Elementen, dem Planungs- und dem Risikomodell, vorgestellt (Abschnitt 6.1). Entsprechend diesem Aufbau wird anschließend das Planungsmodell als Grundlage der Ressourcendimensionierung näher erläutert (Abschnitt 6.2). Ausgehend von den Anforderungen werden die einzelnen Elemente und Funktionalitäten des Planungsmodells aufgezeigt und die Schnittstellen zum Risikomodell ausgeführt. Das Risikomodell wird im darauf folgenden Abschnitt 6.3 näher beschrieben. Basierend auf den Anforderungen an das Modell werden die Prozessschritte zur Bewertung eines einzelnen Risikofaktors präsentiert. Anschließend wird eine Methode zur Clusterung der Risiken erläutert sowie ein Verfahren zur Risikoaggregation vorgestellt. Das Zwischenfazit (Abschnitt 6.4) fasst die Ergebnisse des Kapitels zusammen und dient als Überleitung zum nächsten Schritt, der Risikosteuerung bzw. -überwachung.

### 6.1 Aufbau und Konzeption der Analysesystematik

Aufgabe der Risikoanalyse ist es, die identifizierten Risikofaktoren nach ihrer Auswirkung auf das Zielsystem zu bewerten. In Abschnitt 2.2.2 wurden verschiedene Methoden der Risikobewertung erläutert, die in der Praxis des Risikomanagements häufig eingesetzt werden.

Aufbauend auf die Systematik zur Risikoauswirkung im Zielsystem der Fabrik kann nun eine für die Fabrikplanung spezifische Bewertungssystematik erar-

beitet werden. Grundlagen hierfür sind die Methoden der Modellierung und der Sensitivitätsanalyse, anhand derer die Auswirkung des einzelnen Risikofaktors evaluiert werden kann. Die in den erweiterten Regelkreis der Fabrikplanung integrierten Elemente des *Fabrikmodells* und des *Risikomodells* (vgl. Abbildung 4-3) bilden hierbei die Basis dieser Risikobewertungsmethodik.

Der Begriff *Modell* ist gemäß VDI-RICHTLINIE 3633 (2000) wie folgt definiert:

*„Ein Modell ist eine vereinfachte Nachbildung eines geplanten oder real existierenden Systems mit seinen Prozessen in einem anderen begrifflichen oder gegenständlichen System. Es unterscheidet sich hinsichtlich der untersuchungsrelevanten Eigenschaften nur innerhalb eines vom Untersuchungsziel abhängigen Toleranzrahmens vom Vorbild“.*

In Bezug auf die in Abschnitt 2.1.1 dargelegte Systemtheorie dient das Modell somit zur Abbildung der Elemente, Relationen und Merkmale des (Produktions-) Systems. Entsprechend der funktionalen Sicht des Systems wird im Modell der Transfer der Eingangsgrößen hin zu den Ausgangsgrößen abgebildet, über die eine Evaluation des Zielerreichungsgrades vorgenommen werden kann.

### 6.1.1 Systematik zur Risikoanalyse

Der zuvor beschriebene Modellierungsaspekt bildet die Grundlage der Risikoanalyssystematik. Sie beruht auf zwei unterschiedlichen Modellen, dem *Risikomodell* sowie dem *Planungsmodell*, deren Zusammenhang sowie deren Elemente in Abbildung 6-1 illustriert sind.

Das Risikomodell dient zur Verwaltung der Unsicherheiten bzw. gezielten Variation spezifischer Risikofaktoren, um deren Risikoauswirkung zu bewerten. Nach der Bewertung der einzelnen Risikofaktoren werden diese gemäß einem Verfahren zur Clusterung nach ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. Auswirkung auf das Zielsystem gegliedert. In einem abschließenden Schritt der Risikoaggregation können die einzelnen Risikofaktoren zu einer (systemebenenvariablen) Risikoübersicht zusammengefasst werden. Dazu werden im Risikomodell die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Risikofaktoren hinterlegt.

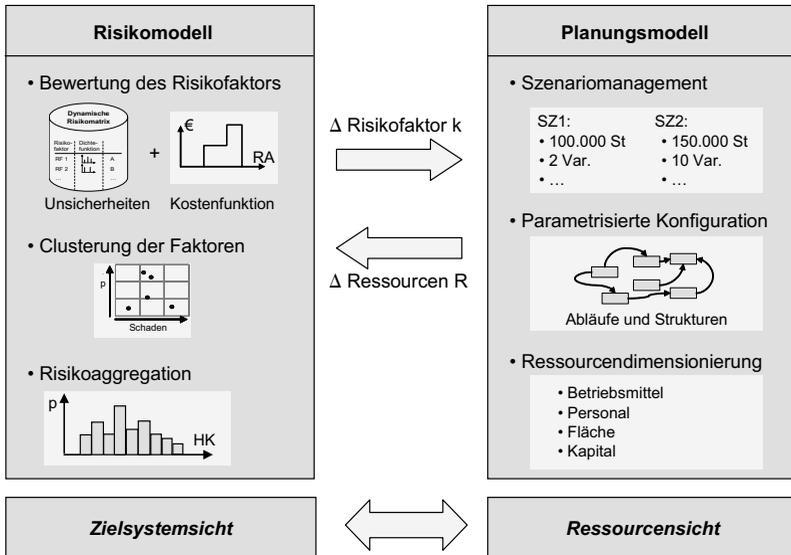


Abbildung 6-1: Systematik zur integrierten Risikoanalyse mit Hilfe des Risikomodells und des Planungsmodells

Das Planungsmodell stellt drei Funktionalitäten für die Anforderungen der Risikoanalyse zur Verfügung: Zum einen dient es zur Auswahl der vorgegebenen Szenarien, zum anderen zur parametrisierten Konfiguration der Abläufe und Strukturen auf Basis der vorhandenen Planungsdaten. Mittels dieser Konfiguration kann eine Aussage hinsichtlich der benötigten Ressourcen getroffen und so die Veränderung in den Ressourcen bzgl. eines Risikofaktors ermittelt werden.

Die Interaktion der beiden Modelle geschieht durch eine Variation der Parameter mittels der hinterlegten Dichtefunktionen und der daraus resultierenden Variation der benötigten Ressourcen des Produktionssystems. Auf die einzelnen Elemente der Analysesystematik wird in der Beschreibung der Modelle im weiteren Verlauf des Kapitels detaillierter eingegangen.

Wie aus Abbildung 6-1 hervorgeht, offeriert das Planungsmodell einerseits eine *Ressourcensicht* hinsichtlich der Ausprägung der Risikofaktoren, das Risikomodell andererseits deren Auswirkung und somit eine *Zielsystemsicht*. Beide Sichten sind im laufenden Planungsprojekt von Nutzen. Anhand der Zielsystemsicht kann das aktuelle Risiko in Bezug auf das Zielsystem, mit Hilfe der Ressour-

consieht die vorliegende Unsicherheit in Bezug auf die Dimensionierung der Ressourcen evaluiert werden. Insbesondere letztere Information kann an die im Planungsprozess beteiligten, aber nicht direkt in der Fabrikstruktur- und Ablaufplanung involvierten Planungspartner, wie z.B. die Personalplanung oder die Bau- bzw. Architekturplanung, kommuniziert werden, um so im Sinne einer ganzheitlichen Synchronisation aller am Prozess beteiligten Fachdisziplinen einen Abgleich der Ergebnisse der Ressourcendimensionierung inklusive der potentiellen Risiken vornehmen zu können.

### 6.1.2 Detaillierung der Bewertungssystematik

Die Bewertung der Risiken als erster Schritt der Risikoanalyse soll im Folgenden über das Zusammenwirkens der beiden zuvor erläuterten Modelle detailliert werden (Abbildung 6-2).

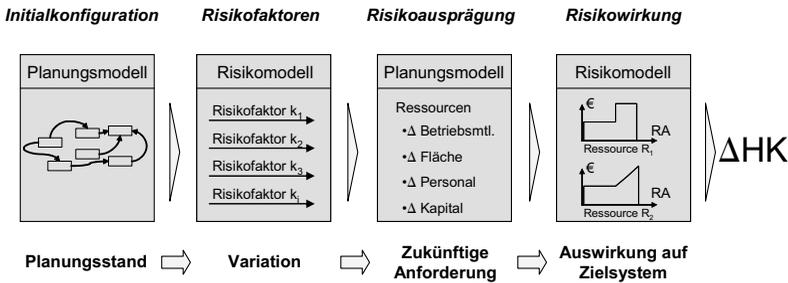


Abbildung 6-2: Das Vorgehen zur Bewertung der Risikofaktoren im Zusammenwirken des Planungs- und des Risikomodells

Die Ausgangsbasis der Bewertung bildet eine Initialkonfiguration des Planungsmodells anhand der aktuellen Planungsparameter, der so genannte Planungsstand. Ein Planungsstand ist dabei eine auf Basis der vorhandenen Planungsdaten bzw. des zugrunde gelegten Szenarios erstellte Konfiguration des Modells, die die Zielvorgaben mit einem geplanten Zielwert  $Z_{Plan}$  erfüllt. Um die Auswirkung eines Risikofaktors zu testen, kann dessen spezifische Dichtefunktion (d.h. die Unsicherheit im Parameterwert) im Risikomodell variiert und in das Planungsmodell transferiert werden. Letzteres liefert auf Basis der Konfiguration der Abläufe und Strukturen die Risikoausprägung, d.h. die zukünftigen Anforderungen bzgl. der Ressourcen im Falle des Risikoeintritts. Die Analyse der letztendlichen Auswirkung auf das Zielsystem erfolgt wiederum im Risikomodell mit

Hilfe einer Transferfunktion. Diese Transferfunktionen dienen zur Integration der potentiellen zusätzlichen Risikoschadenskosten und müssen je nach Risikoart bzw. -typ individuell im Modell hinterlegt werden.

### 6.1.3 Grundannahmen in der Bewertungssystematik

Die beschriebene Bewertungssystematik beruht auf den nachfolgenden zwei grundlegenden Annahmen, deren Plausibilität in Bezug auf eine Verwendung im Planungsprozess in der daran anschließenden Diskussion geprüft wird:

- *Annahme 1:* Die Bewertung des Risikos erfolgt immer auf Basis des aktuellen Planungsstandes unter der Hypothese, dass dieser Planungsstand realisiert würde.
- *Annahme 2:* Die Grundlage für die Risikobewertung ist, dass die vorgegebenen Planungsprämissen (spezifisch: das Volumenszenario) erfüllt werden müssen. Diese sind als zu erreichende Prämissen für die Projektleitung oder den Fabrikplaner festgelegt und dienen als Maßgabe der Ressourcendimensionierung bzw. Auslegung und Optimierung des Systems.

Bereits in der Zielplanungsphase wird eine erste Dimensionierung des Produktionssystems vorgenommen, die im Laufe der Planung verifiziert und detailliert bzw. angepasst wird. Daher kann im Planungsverlauf stets von einem aktuellen Planungsstand ausgegangen werden. Ein Risiko tritt nach der Entscheidungstheorie (vgl. Abschnitt 2.2.1) immer dann auf, wenn eine Entscheidung unter Unsicherheit getroffen werden muss. Da eine Planung stets ein in die Zukunft gerichteter Prozess ist, kann für die Bewertung des Risikos die Realisierung dieses zukünftigen Planungsstandes angenommen werden.

Im Planungsprozess führt der Planer eine Optimierung seines Systems in Bezug auf das definierte Zielsystem unter den gegebenen Voraussetzungen bzw. Planungsprämissen durch. Diese Prämissen bilden die Randbedingungen für das Planungsprojekt und dienen als Grundlage der Gestaltung des Systems. Das zukünftige Produktionsvolumen je Produktvariante, das als vorgegebenes Szenario in dieser Arbeit als Planungsprämisse definiert ist, stellt in fast allen Planungsfällen ebenfalls eine Unsicherheit dar, da die tatsächliche zukünftige Kundennachfrage nur schwer vorhergesagt werden kann. Im Hinblick auf die Projektzielsetzung wird dieses Produktionsprogramm jedoch als Planungsprä-

## 7 Steuerung und Überwachung des Risikos im Planungsprozess

*„We cannot direct the wind, but we can adjust the sails.“*

KIYOSHI SUZAKI

Aufbauend auf den in den vorherigen beiden Kapiteln 5 und 6 ausgeführten Schritten der Risikoidentifikation sowie der Risikoanalyse sollen im Folgenden nun die abschließenden Schritte zur Komplettierung des integrierten Risikomanagementansatzes beschrieben werden. Diese zwei letzten Hauptprozesse des Konzeptes, die Risikosteuerung sowie die Risikoüberwachung, werden in diesem Kapitel gemeinsam behandelt, da die Einleitung der Steuerungsmaßnahmen stets vom Status des Projektablaufes abhängt. Diese Synchronisation zwischen dem zeitlichen Projektfortschritt und dem Gesamtrisiko erfolgt in der Risikoüberwachung. Zudem muss mittels der Risikoüberwachung die Wirkung der eingesteuerten Maßnahmen überprüft werden. Eine ganzheitliche Betrachtung des Steuerungs- und Überwachungsprozesses ist somit unabdingbar.

Der Prozess der Risikosteuerung wird in Abschnitt 7.1 beschrieben. Zunächst werden auf Basis der allgemeinen Risikosteuerungsstrategien geeignete Maßnahmen in Bezug auf die Ablauf- und Strukturplanung abgeleitet und systematisiert. Anschließend wird ein Ansatz erörtert, um den Einsatz der spezifischen Maßnahmen zu bewerten, sowie die projektzeitplanspezifische Einsteuerung der identifizierten Maßnahmen diskutiert. Die Synchronisation der Risikosteuerung mit dem Projektverlauf wird in dem in Abschnitt 7.2 beschriebenen Prozess der Risikoüberwachung vorgestellt. Hierzu wird zunächst der Risikomonitor als Werkzeug zur kontinuierlichen Überwachung der Gesamtrisikosituation sowie der einzelnen Risiken erläutert. Darauf aufbauend werden so genannte Risk Gates für die Fabrikplanung konzipiert, die Kontrollpunkte in Bezug auf die Risikosituation im Phasenverlauf der Fabrikplanung darstellen. Das Zwischenfazit in Abschnitt 7.3 fasst die Ergebnisse des Kapitels zusammen.

### 7.1 Risikosteuerung im Planungsprozess

Die Risikosteuerung bildet den dritten Hauptprozess des integrierten Konzeptes. Ihre Aufgabe ist die proaktive Beeinflussung der im Rahmen der Risiko-

identifikation und -analyse ermittelten Risiken unter Berücksichtigung der individuellen Unternehmensstrategie (DIEDERICHS 2004, S. 188). Übertragen auf den Fabrikplanungsprozess umfasst der Schritt der Risikosteuerung somit die Einleitung entsprechender Maßnahmen zur Beeinflussung der identifizierten Risikofaktoren unter Berücksichtigung der spezifischen Projektziele des (Fabrik-)Planungsprojektes.

Wie im erweiterten Regelkreis der Ablauf- und Strukturgestaltung (vgl. Abbildung 4-3 auf Seite 59) ersichtlich, werden im Prozess der Risikosteuerung Maßnahmen für die Risiken ausgewählt, die dann in der Planung umgesetzt werden. Die Risikosteuerung umfasst dabei die folgenden drei Aspekte:

- Ableitung geeigneter Steuerungsmaßnahmen im Hinblick auf die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten
- Bewertung der Steuerungsmaßnahmen in Bezug auf Kosten-Nutzen-Verhältnis
- Ermittlung des optimalen Zeitpunktes zur Ausführung der Steuerungsmaßnahmen

Diese Aspekte sollen in den folgenden Abschnitten im Detail ausgeführt bzw. diskutiert werden.

### **7.1.1 Ableitung geeigneter Steuerungsmaßnahmen für die Ablauf- und Strukturplanung**

Im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen die Risiken in der Ausgestaltung bzw. Dimensionierung der Abläufe und Strukturen von Produktionssystemen im Rahmen der Fabrikplanung. In diesem Abschnitt werden daher Steuerungsmaßnahmen vorgestellt, anhand derer diese Risiken im Planungsablauf aktiv beeinflusst werden können. Die Steuerungsmaßnahmen müssen dabei individuell für jeden Risikofaktor festgelegt und umgesetzt werden. Einzelne Maßnahmen, bspw. die Integration von *Expansionsfläche*, können aber die Auswirkung mehrerer Risiken adressieren.

In der Literatur werden generell zwei Vorgehensweisen unterschieden: die ursachen- und die wirkungsbezogenen Maßnahmen (vgl. u.a. DIEDERICHS 2004, S. 188 f.; ROGLER 2002, S. 22 ff.; ROHRSCHEIDER 2006, S. 67 f.). Die ursachenbezogenen Maßnahmen fokussieren sich darauf, die Eintrittswahrscheinlichkeit

der Risiken zu minimieren, um im Risikoentstehungsprozess die Wurzel des Risikos zu beeinflussen. Die Intention wirkungsbezogener Maßnahmen zielt hingegen auf eine Reduzierung des Schadensausmaßes ab und richtet sich somit gegen die materielle Dimension des Risikos. Abbildung 7-1 veranschaulicht diese zwei grundlegenden Arten der Risikosteuerung.

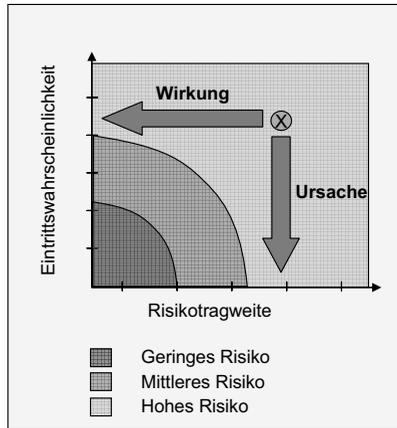


Abbildung 7-1: Grundsätzliche Typologisierung der Risikosteuerungsmaßnahmen in „ursachen- vs. wirkungsbezogen“

Auf den Planungsprozess bezogen bedeuten die ursachenbezogenen Maßnahmen daher, eine Verbesserung des Informationsstandes<sup>41</sup> zu erreichen und somit die Unsicherheit zu reduzieren (vgl. auch die Typologisierung der Unsicherheiten in Abschnitt 5.3). Gemäß SCHOLL (2003, S. 1) kann dies durch eine Detaillierung von Grobinformationen, eine Falsifizierung oder Bestätigung bisheriger Annahmen, eine Verbesserung von Wahrscheinlichkeitsaussagen oder einen endgültigen Eintritt bestimmter Ereignisse geschehen. Die wirkungsbezogenen Maßnahmen bedeuten im Kontext der Fabrikplanung hingegen eine Umplanung oder Änderung der aktuell geplanten Prozesse bzw. Strukturen, um so die Wirkung der Risiken zu reduzieren bzw. zu eliminieren.

<sup>41</sup> Die Zunahme des Informationsstandes im Projektverlauf ist ein Charakteristikum von Fabrikplanungsprojekten. Die ursachenbezogenen Risikosteuerungsmaßnahmen (d.h. die Erarbeitung detaillierterer Informationen) sind somit teilweise bereits Bestandteil der ursprünglichen Projektplanung. Da insbesondere eine frühzeitigere Informationsbeschaffung zur Risikovermeidung beitragen kann, sollen sie dennoch als Maßnahmen in den Katalog aufgenommen werden.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde ein Katalog an Maßnahmen erstellt, der exemplarisch sowohl ursachen- als auch wirkungsbezogene Steuerungsmaßnahmen für die Gestaltung der Abläufe und Strukturen in Fabrikplanungsprojekten beinhaltet. Er soll dem Planer im konkreten Planungsfall als Leitfaden dienen. Der Aufbau des Kataloges wurde dabei durch eine Synthese der in Abbildung 7-2 verdeutlichten Systematiken vorgenommen.

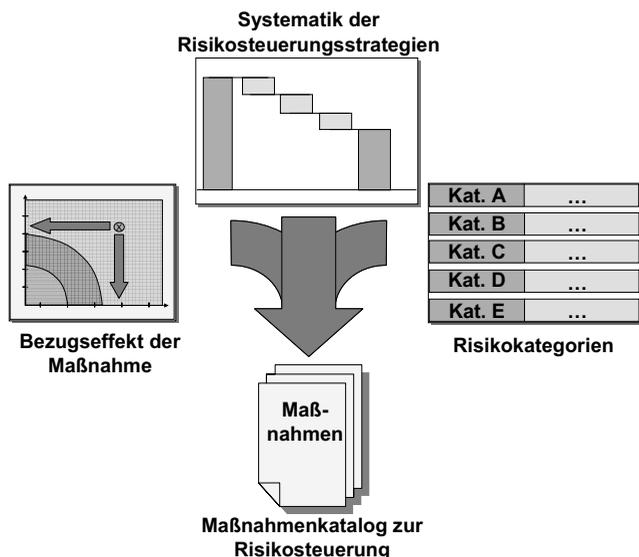


Abbildung 7-2: Systematik zur Ableitung des Maßnahmenkatalogs für die Risikosteuerung in der Ablauf- und Strukturgestaltung

Die *Risikosteuerungsstrategien* werden dabei in die vier grundlegenden Arten der Vermeidung, der Verminderung, des Transfers und des Selbsttragens unterschieden (vgl. Abbildung 2-8 auf Seite 26). Zusätzlich zu dem *Bezugseffekt der Maßnahme* (wirkungs- vs. ursachenbezogen) muss ferner eine Eignung bzgl. der *Risikokategorien* (Produktisiko, Prozessrisiko, ...) integriert werden. Das Ergebnis, der Maßnahmenkatalog<sup>42</sup>, ist in Abbildung 7-3 illustriert.

<sup>42</sup> Bezüglich einer detaillierten Erläuterung bzw. Definition der einzelnen Maßnahmen sei auf den Anhang (Abschnitt 11.2) verwiesen.

Strategie	Maßnahme	Beispiel	Bezug		Risikokategorie					
			Wirkung	Ursache	Produktisiko	Prozessrisiko	Logistikrisiko	Ressourceneigen-schaftsrisiko	Ressourcen-kostenrisiko	
Vermeidung	M1.1	Abbruch des (Teil-)Projektes	Abbruch des Projektes, da Risiken zu hoch erscheinen	√		●	●	●	●	●
	M1.2	Eliminierung der Unsicherheit	Designfreeze des Bauteiles; Validierung der Prozessparameter, etc.		√	◐	●	●	●	●
	M1.3	Max. Ressourceninvest	Integration der zusätzlich erforderlichen Ressourcen in den Planungsstand	√		●	●	●	●	
	M1.4	Bauteil / Prozess eliminieren	Produktgestaltung so, dass risikobehafteter Prozess nicht mehr benötigt wird	√		◐	●	●	●	●
Verminderung	M2.1	Reduzierung der Unsicherheit	Einschränken von Unsicherheiten durch Tests, Simulationen, Festlegungen, etc.		√	◐	●	●	●	●
	M2.2	Abänderung Bauteil / -gruppe	Umgestaltung des Bauteiles oder der Baugruppe, so dass Risiko reduziert wird		√	◐	●	●	●	◐
	M2.3	Investition in Flexibilität	Investition in Flexibilitätsreserven (bspw. Varianten- oder Volumenflexibilität)	√		●	●	●	◐	
	M2.4	Investition in Wandlungsfähigkeit	Investition in modulare Strukturen oder Betriebsmittel für einfache Erweiterungsfähigkeit	√		●	●	●	◐	
	M2.5	Zusatzressourcen vorsehen	Investition in Zusatzressourcen (bspw. Expansionsflächen) - kein Maximalinvest	√		●	●	●	●	
	M2.6	Alternative Ressource	Ersatz durch alternatives Betriebsmittel (weniger risikobehaftet) in Planung		√	◐	◐	◐	●	●
	M2.7	Alternativer Prozess(schritt)	Auswahl einer alternativen Technologie / eines alternativen Prozesses		√	◐	●	◐	●	●
Transfer	M3.1	Outsourcen des Bauteiles	Outsourcen des Komplett-Bauteils an externen Zulieferer (Risikotransfer)	√		●	●	●	●	●
	M3.2	Outsourcen des Prozesses	Outsourcen des risikobehafteten Prozessschrittes an Zulieferer	√		●	●	●	●	●
	M3.3	Vertragliche Absicherung	Vertragliche Absicherung von Maschineneigenschaften incl. Schadensersatzzahlungen etc.	√		◐	◐	●	●	◐
Selbsttragen	M4.1	Akzeptanz des Risikos	Keine Einleitung von Maßnahmen: potentieller Risikoschaden wird akzeptiert	n/a	n/a	●	●	●	●	●

● geeignet      ◐ teilweise geeignet

Abbildung 7-3: Maßnahmenkatalog zur Risikosteuerung für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten

Mit Hilfe des Kataloges können verschiedene geeignete, potentielle Maßnahmen für die einzelnen Risikofaktoren ausgewählt werden. Dabei gilt es zu beachten, dass nicht jedes Risiko vermindert oder eliminiert werden kann bzw. dass bewusst Risiken eingegangen werden (Steuerungsstrategie *Selbsttragen* oder *Risikoakzeptanz*). Die verbleibenden Risiken werden als das sog. *Restrisi-*

## 8 Validierung des Konzeptes

*„Die Theorie wird als grau bezeichnet. Der Praxis eine Farbe zu geben, hat man sich bisher noch nicht getraut.“*

GÜNTER MÜLLER

In den vorangegangenen Kapiteln wurde ein Konzept zum integrierten Risikomanagement für die Ablauf- und die Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten entwickelt und die einzelnen Elemente der Risikoidentifikation, -bewertung, -steuerung und -überwachung im Detail dargelegt. Dieses Konzept soll in diesem Kapitel in zwei Schritten validiert werden.

Zunächst wird die prototypische Umsetzung des Konzeptes in einem EDV-Tool beschrieben (Abschnitt 8.1). Ausgehend von dem Grundaufbau des Tools werden die Realisierung der einzelnen Elemente des Planungsmodells sowie des Risikomodells erläutert sowie die Schnittstellen zwischen den Modellen bzw. zur Simulationssoftware detailliert. Als zweiter Schritt der Validierung wird in Abschnitt 8.2 der exemplarische Einsatz des Konzeptes mit Hilfe des implementierten EDV-Tools im Rahmen eines konkreten Fallbeispiels, der Neuplanung einer Getriebefabrik, beschrieben. Mittels eines ausgewählten Bereiches wird die Anwendung des Konzeptes bzw. dessen einzelner Elemente im Planungsfall detailliert erörtert.

Das Kapitel schließt mit der kritischen Würdigung des vorgestellten Ansatzes (Abschnitt 8.3), in deren Rahmen das Konzept zum einen anhand der vorgegebenen Anforderungen, zum anderen anhand des exemplarischen Einsatzes und der daraus abgeleiteten Anwendungserfahrung evaluiert wird.

### 8.1 Entwicklung eines prototypischen Softwaretools

Zur Validierung des ausgeführten Konzeptes soll als erster Schritt dessen Integration im Kontext der rechnergestützten Fabrikplanung ausgeführt und die praktische Umsetzung mittels eines Software-Tools verifiziert werden. Hierzu wurde das EDV-Tool *FPR-SYS* (*Factory-Planning-Riskmanagement-System*) als Prototyp entwickelt. Die Zielsetzung für die Implementierung des EDV-Tools war es, eine effiziente Unterstützung des Fabrikplaners bei der Anwendung des Konzeptes im praktischen Einsatz zu gewährleisten. Der Schwerpunkt des

Software-Tools war dabei der in Kapitel 6 detaillierte Schritt der Risikoanalyse, die Elemente der Risikoidentifikation, -steuerung und -überwachung werden in ihren Funktionalitäten, soweit EDV-technisch möglich, unterstützt.

Das Softwaretool wurde in MS Access™ sowie MS Visual Basic™ umgesetzt. Der Hintergrund für diese Entscheidung war, dass die in Abschnitt 6.2.2 beschriebenen zentralen Planungsdaten (Produktstrukturplan, Produktionsablaufplan sowie Produktionsprogrammplan) in Industrieunternehmen in entsprechenden PPS-Programmen, ERP-Systemen bzw. BDE-Systemen, die auf Datenbanken aufsetzen, verfügbar sind, so dass eine datenbankgestützte Entwicklungsumgebung unter dem Aspekt des effizienten Datentransfers am besten geeignet erschien. Auf Grund des weiten Verbreitungsgrades von Microsoft Office™ und seinen Anwendungen fiel die Wahl daher auf MS Access™ und MS Visual Basic™. Im Folgenden sollen zunächst der Grundaufbau des Softwaretools erläutert und anschließend die EDV-technische Umsetzung des Planungsmodells bzw. des Risikomodells detailliert werden.

### 8.1.1 Grundaufbau des Software-Tools

Der Aufbau des Software-Tools orientiert sich an der in Kapitel 6 beschriebenen Gliederung in das *Planungs-* und das *Risikomodell* und bildet diese in zwei zentralen Datenbanken ab (Abbildung 8-1).

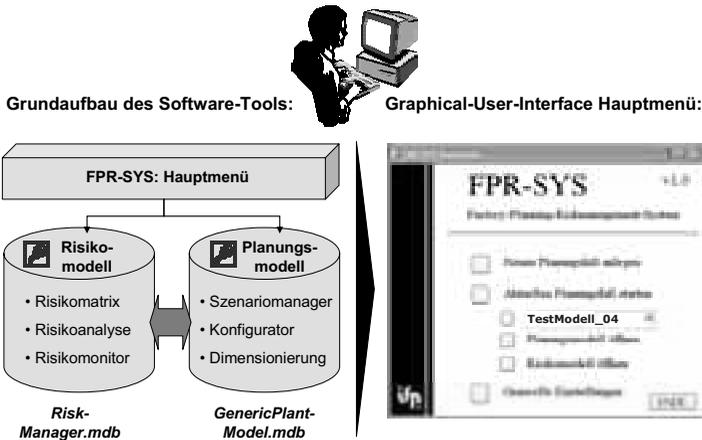


Abbildung 8-1: Grundaufbau des implementierten EDV-Softwaretools und Übersicht des Hauptmenüs

Die Funktionalitäten der beiden zentralen Datenbanken können über das Hauptmenü aufgerufen werden. Dort können neue Planungsfälle erstellt oder bestehende Planungsfälle im Planungs- oder Risikomodell bearbeitet und analysiert werden. Die Datenbank *GenericPlantModel.mdb* dient zur parametergestützten Konfiguration der Abläufe bzw. Strukturen des Produktionssystems und bietet die Funktionalitäten zum Szenariomanagement, zur Konfiguration des Systems sowie zur integrierten Ressourcendimensionierung. Die Datenbank *RiskManager.mdb* verwaltet die dynamische Risikomatrix und stellt die Funktionalitäten zur Risikoanalyse bzw. Risikoüberwachung bereit.

### 8.1.2 Softwaretechnische Umsetzung des Planungsmodells

Die Konfiguration der Abläufe und Strukturen im Planungsmodell erfolgt über die Integration der planungsrelevanten Informationen in die spezifischen Tabellen bzw. über eine Modifikation entsprechender Parameter in der Datenbank *GenericPlantModel.mdb*. Diese Planungsinformationen können über die Hauptmenüoberfläche des Planungsmodells (Abbildung 8-2) modifiziert werden.



Abbildung 8-2: Hauptmenü des Planungsmodells in FPR-SYS

Im Unterpunkt <Szenarios verwalten> können verschiedene Szenarien je Planungsfall angelegt und verwaltet werden. In diesen Szenarien werden die Volumina sowie die Varianten für die Kammlinie (d.h. die Initialkonfiguration des Produktionssystems) definiert sowie eine Festlegung bzgl. der Fertigungstiefe auf Bereichsebene<sup>48</sup> getroffen. Im Unterpunkt <Grunddaten verwalten> kann der zuvor angesprochene Import der zentralen Planungsdaten (Produktstrukturplan und Produktionsablaufplan) durchgeführt werden. Dieser Import kann dabei manuell mittels \*.txt-Files bzw. automatisiert über einen SQL-Server und entsprechend implementierte Schnittstellen in der Planungsdatenbank *GenericPlantModel.mdb* vorgenommen werden. Die Erstellung des Produktionsprogramms geschieht mittels der Auswahl der durchschnittlichen Lieferlosgröße sowie der prozentualen Schwankungsbreite in Bezug auf die Menge und den Abrufzeitpunkt anhand des definierten Volumen- bzw. Variantenszenarios. Nach dem Import können die Grunddaten in diesem Menü weiter detailliert bzw. modifiziert werden. Das Produktionssystem wird im Untermenü <Konfiguration> über die abgebildeten Registerkarten konfiguriert. Hierfür sind die im Planungsmodell beschriebenen Funktionalitäten (vgl. Abschnitt 6.2.2) der Planungsmodule *Betriebsmittel-, Transport-, Lager-, Steuerungs- und Personalplanung* hinterlegt. Die Ausgestaltung der Abläufe und Strukturen kann wie erwähnt über eine Konfiguration der entsprechenden Parameter bzw. die Auswahl von im Modell hinterlegten Eigenschaften und Funktionalitäten (bspw. Push vs. Pull-Steuerung für die Steuerungsstrategien, Schichtpläne der spezifischen Maschinen, Auswahl der Lagerhilfsmittel etc.) vorgenommen werden.

Nach der Konfiguration, die in verschiedenen Detaillierungsstufen erfolgen kann und bspw. für eine Grobkonfiguration auf Basis von Kennwerten vergangener Projekte durchgeführt wird, kann im Untermenü <Dimensionierung> die Bewertung bzw. Analyse hinsichtlich der Ressourcenbedarfe des Produktionssystems gestartet werden. Abbildung 8-3 zeigt das Ablaufdiagramm des implementierten Dimensionierungsalgorithmus.

---

<sup>48</sup> Diese Bereiche müssen initial für das jeweilige Unternehmen definiert werden. Über die Zuordnung von Fertigungsteilen zu den Bereichen können die Wertströme des Produktionssystems und damit die Fertigungstiefe festgelegt werden.

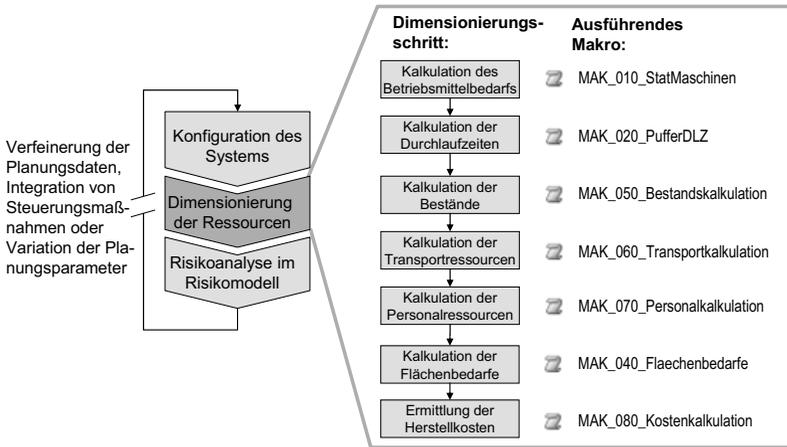


Abbildung 8-3: Ablauf des Dimensionierungsalgorithmus im Planungsmodell

Ergebnisse eines Dimensionierungslaufes des Planungsmodells sind die erforderlichen Ressourcen sowie die Herstellkosten für die konfigurierte Fabrikstruktur bzw. die Prozesse. Der Transfer der Herstellkosten mittels der Transferfunktionen hin auf die Risikokosten geschieht im Risikomodell.

Wie in den Anforderungen an das Planungsmodell (vgl. Abschnitt 6.2.1) gefordert, wurden zwei Schnittstellen zur Anbindung des EDV-Tools an Werkzeuge zur Materialfluss- bzw. Ablaufsimulation erstellt. Als Simulationswerkzeug zur Ablaufsimulation wurde *eM-Plant*<sup>TM</sup> von der Firma *Tecnomatix* gewählt, da dieses das in der Praxis am häufigsten eingesetzte System ist (IFF 2005, S. 8). Als Layoutplanungs- bzw. Materialfluss-Visualisierungssoftware wurde das in dem Unternehmen, in dem der Verfasser tätig ist, auf Basis von AutoCAD entwickelte System *MATFLOW* (vgl. LEHMANN 1997) gewählt. In der nachstehenden Abbildung 8-4 ist beispielhaft die Schnittstelle zu *eM-Plant* als Ablaufsimulationssoftware dargestellt.

## 9 Zusammenfassung und Ausblick

*„Le risque est l'onde de proue du succès.“*

CARL AMERY

Unternehmen sehen sich auf Grund des turbulenten Umfeldes und der fortschreitenden Globalisierung der Märkte zunehmend einer Verschärfung des Wettbewerbs ausgesetzt. Die steigende Marktdynamik und der erhöhte Kostendruck stellen die produzierenden Unternehmen vor große Herausforderungen und erfordern eine fortwährende Anpassung ihrer Wertschöpfungsnetzwerke und Produktionsstrukturen an die veränderten Rahmenbedingungen. Die schnelle und qualitativ hochwertige Planung der Prozesse, Abläufe und Strukturen erhält in diesem sich stetig wandelnden Umfeld daher eine wettbewerbsentscheidende Bedeutung.

Die fortschreitende Parallelisierung der Planungsprozesse zusammen mit der Forderung nach einer deutlichen Verkürzung der Produktentwicklungszeiten führten insbesondere in den frühen Phasen eines Fabrikplanungsprojektes dazu, dass mit unsicheren bzw. unscharfen Daten z.B. zu dem Produkt, dem Produktionsprogramm und den Prozessen geplant werden muss bzw. diese Daten sich in dem dynamischen Umfeld des Planungsprozesses ändern können. Dennoch werden insbesondere in diesen frühen Phasen weit reichende Entscheidungen zur Gestaltung bzw. Auslegung des Produktionssystems getroffen und damit dessen Eigenschaften in Bezug auf die Erfüllung der Fabrikzielgrößen mittel- bis langfristig determiniert. Dieser Konflikt, das Treffen weit reichender Entscheidungen unter hoher Unsicherheit, bildet das Ausgangsproblem der vorliegenden Arbeit. In einem immer komplexer werdenden Planungsprozess, der die Synchronisation unterschiedlichster Planungsdisziplinen erfordert, arbeitet der Planer bzw. Projektleiter mit Annahmen, bewertet diese jedoch häufig nicht bzw. ist sich der Einflüsse dieser Annahmen auf das Ergebnis nicht bewusst.

Die Analyse bestehender Ansätze in der Fachliteratur hat gezeigt, dass vielfache Lösungsvorschläge zu dieser Problematik existieren, die jedoch nur Teilbereiche der Problemstellung erfassen. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war es daher, ein durchgängiges Konzept zum integrierten Risikomanagement in der Gestaltung der Abläufe und Strukturen in Fabrikplanungsprojekten zu entwickeln. Anhand dieses Konzepts sollen die Risikofaktoren sowie die Haupt-

## 10 Literaturverzeichnis

### ABELE ET AL. 2006A

Abele, E.; Derviopoulos, M.; Liebeck, T.: Herausforderungen globaler Produktionsnetzwerke. In: wt Werkstattstechnik online 96 (2006) Nr. 4, S. 219-225.

### ABELE ET AL. 2006B

Abele, E.; Näher, U.; Kluge, J.: Handbuch globale Produktion. München [u.a.]: Hanser, 2006.

### ACTANO 2007

Actano: ACTANO Projektmanagement & Projektmanagementsoftware : Projektmanagement Software RPlan. <[http://www.actano.de/15144\\_DE-Actano-RPlan-Portfolio.5CDD31e831cc5853e32b03c0ba9026a0bf69270](http://www.actano.de/15144_DE-Actano-RPlan-Portfolio.5CDD31e831cc5853e32b03c0ba9026a0bf69270)> (20.01.2007).

### AGGTELEKY 1990A

Aggteleky, B.: Fabrikplanung - Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung. Band 1: Grundlagen - Zielplanung - Vorarbeiten. 2. Aufl., München: Carl Hanser, 1990.

### AGGTELEKY 1990B

Aggteleky, B.: Fabrikplanung - Werksentwicklung und Betriebsrationalisierung. Band 2: Betriebsanalyse und Feasibility-Studie. München: Carl Hanser, 1990.

### AHUJA 2005

Ahuja, A.: Projektrisikomanagement mit Hilfe probabilistischer Wissensverarbeitung. 1. Aufl., Berlin: Logos, 2005.

### AIRBUS 2006

Airbus: Airbus confirms further A380 delay and launches company restructuring plan. <[http://www.airbus.com/en/presscentre/pressreleases/pressreleases\\_items/06\\_10\\_03\\_a380\\_delays\\_company\\_restructuring\\_plan.html](http://www.airbus.com/en/presscentre/pressreleases/pressreleases_items/06_10_03_a380_delays_company_restructuring_plan.html)> (30.7.2007).

### ALEXOPOULOS ET AL. 2005

Alexopoulos, K.; Bürkner, S.; Milinois, I. et al.: DESYMA - An integrated method to aid the design and the evaluation of reconfigurable manufacturing systems. CARV 05 - International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production. München, 2005.

### ASKIN & STANDRIDGE 1993

Askin, R. G.; Standridge, C. R.: Modeling and analysis of manufacturing systems. New York [u.a.]: Wiley, 1993.

### BAMBERG & COENENBERG 1989

Bamberg, G.; Coenenberg, A. G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 5., überarb. Aufl., München: Vahlen, 1989.

ZÄPFEL 1991

Zäpfel, G.: Stücklisten, Verwendungsnachweise, Arbeitspläne und Produktionsfunktionen. In: Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt) 20 (1991) Nr. 7, S. 340-346.

ZIMMERMANN ET AL. 2006

Zimmermann, J.; Stark, C.; Rieck, J.: Projektplanung. Berlin [u.a.]: Springer, 2006.

# 11 Anhang

## 11.1 Erläuterung der Risikokategorien

*Tabelle 1: Erläuterung der Risikokategorien*

Risikokategorie	Erläuterung der Risikoart	Zugeordnete Planungsparameter
Produkttrisiken	Produkttrisiken sind diejenigen Risiken, die auf Grund von Unsicherheiten in den Produktparametern bestehen. Sie beziehen sich zum einen auf das Produktionsprogramm (das Volumen und die Varianten sowie das dynamische Abrufverhalten), zum anderen auf die Gestaltung bzw. Struktur des Produktes. Für den Fabrikplaner sind diese als Randbedingungen vorgegeben, d.h. er kann sie nur mittelbar über Gestaltungsvorschläge etc. beeinflussen.	Volumina, Varianten, Abrufvolatilität (bzgl. Zeit und bzgl. Menge), Produktstruktur (Baugruppen/Einzelteile)
Prozessrisiken	Prozessrisiken sind Risiken, die auf Grund von Unsicherheiten in den Bearbeitungsprozessschritten bestehen. Sie werden mittelbar von den Produkttrisiken beeinflusst, da insbesondere die Produktgestaltung einen entscheidenden Einfluss auf die potentiellen Bearbeitungsprozesse hat. Über die Auswahl alternativer Prozesse resp. Technologien können diese direkt vom Fabrikplaner gelenkt werden.	Bearbeitungsprozessschritte, Bearbeitungszeiten, Rüstzeiten

## 11.6 Genutzte Softwareprodukte

### *Plant Simulation® (vormals eM-Plant)*

Planungswerkzeug zur Simulation von Logistik- und Produktionsprozessen  
Siemens Product Lifecycle  
Management Software (DE) GmbH (früher UGS Corporation)  
Hohenstaufenring 48-54  
D-50674 Köln, Germany  
<<http://www.ugsplm.de>>

### *Matflow®*

Materialflussplanungs- und Optimierungssoftware  
ifp – Prof. Dr.-Ing. Joachim Milberg  
Institut für Produktion und Logistik GmbH & Co. KG  
Richard-Reitzner-Allee 8  
D-85540 Haar, Germany  
<<http://www.ifpconsulting.de>>

### *Microsoft Office Access®*

Datenbankmanagementsystem  
Microsoft, Corp.  
One Microsoft Way  
Redmond, WA 98052  
USA  
<<http://www.microsoft.com>>

Deutsche Niederlassung:  
Microsoft Deutschland GmbH  
Konrad-Zuse-Straße 1  
D-85716 Unterschleißheim

# iwb Forschungsberichte Band 1–121

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

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

- 1 *Streifinger, E.*  
**Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel**  
1986 · 72 Abb. · 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 *Fuchsberger, A.*  
**Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen**  
1986 · 90 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 *Maier, C.*  
**Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrierobotern**  
1986 · 77 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 *Summer, H.*  
**Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen**  
1986 · 74 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 *Simon, W.*  
**Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen**  
1986 · 141 Abb. · 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 *Büchs, S.*  
**Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung**  
1986 · 74 Abb. · 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 *Hunzinger, I.*  
**Schneiderodierte Oberflächen**  
1986 · 79 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 *Pilland, U.*  
**Echtzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen**  
1986 · 54 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 *Barthelmeß, P.*  
**Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung**  
1987 · 70 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 *Reithofer, N.*  
**Nutzungssicherung von flexibel automatisierten Produktionsanlagen**  
1987 · 84 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-18440-6
- 11 *Diess, H.*  
**Rechnerunterstützte Entwicklung flexibel automatisierter Montageprozesse**  
1988 · 56 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18799-5
- 12 *Reinhart, G.*  
**Flexible Automatisierung der Konstruktion und Fertigung elektrischer Leitungssätze**  
1988 · 112 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 *Bürstner, H.*  
**Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion**  
1988 · 74 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 *Groha, A.*  
**Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme**  
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 *Riese, K.*  
**Klippsmontage 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 *Saverer, 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 *Wrtbe, 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.*  
**Prozefkommunikation 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 Programmabkastens 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.*  
**Prozefuntersuchungen zur automatisierten Montage von optischen Linsen**  
1992 · 84 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55378-9
- 48 *Schröder, N.*  
**Erstellung eines 3D-Simulationssystems zur Reduzierung von Rüstzeiten bei der NC-Bearbeitung**  
1992 · 103 Abb. · 161 Seiten · ISBN 3-540-55431-9
- 49 *Wisbacher, J.*  
**Methoden zur rationellen Automatisierung der Montage von Schnellbefestigungselementen**  
1992 · 77 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-55512-9
- 50 *Garnich, F.*  
**Laserbearbeitung mit Robotern**  
1992 · 110 Abb. · 184 Seiten · ISBN 3-540-55513-7
- 51 *Eubert, P.*  
**Digitale Zustandsregelung elektrischer Vorschubantriebe**  
1992 · 89 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-44441-2
- 52 *Glas, W.*  
**Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung**  
1992 · 67 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-55749-0
- 53 *Helm, 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 *Bamm, 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 3-540-56689-5
- 62 *Stetter, R.*  
**Rechnergestützte Simulationwerkzeuge 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 *Kummelsteiner, G.*  
**3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur Planung manueller Montagesysteme**  
1994 · 62 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-57535-9
- 67 *Kugelmann, F.*  
**Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen Automatisierung von Produktionssystemen**  
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57549-9
- 68 *Schwarz, H.*  
**Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik**  
1994 · 96 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-57577-4
- 69 *Viethen, U.*  
**Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen**  
1994 · 70 Abb. · 142 Seiten · ISBN 3-540-57794-7
- 70 *Seehuber, M.*  
**Automatische Inbetriebnahme geschwindigkeitsadaptiver Zustandsregler**  
1994 · 72 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-57896-X
- 71 *Amann, W.*  
**Eine Simulationsumgebung für Planung und Betrieb von Produktionssystemen**  
1994 · 71 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-57924-9
- 72 *Schöpf, M.*  
**Rechnergestütztes Projektinformations- und Koordinationssystem für das Fertigungsvorfeld**  
1997 · 63 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58052-2
- 73 *Welling, A.*  
**Effizienter Einsatz bildgebender Sensoren zur Flexibilisierung automatisierter Handhabungsvorgänge**  
1994 · 66 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-580-0
- 74 *Zetlmayer, H.*  
**Verfahren zur simulationsgestützten Produktionsregelung in der Einzel- und Kleinserienproduktion**  
1994 · 62 Abb. · 143 Seiten · ISBN 3-540-58134-0
- 75 *Lindl, M.*  
**Auftragsleittechnik für Konstruktion und Arbeitsplanung**  
1994 · 66 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58221-5
- 76 *Zipper, B.*  
**Das integrierte Betriebsmittelwesen · Baustein einer flexiblen Fertigung**  
1994 · 64 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58222-3
- 77 *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 *Zwanger, 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 *Rackland, 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. · 158 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Albertz, F.*  
**Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen - Gestellstrukturen**  
1995 · 83 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60608-8
- 94 *Trunzer, W.*  
**Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgesensoren**  
1996 · 101 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-60961-X
- 95 *Fichtmüller, N.*  
**Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme**  
1996 · 83 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-60960-1
- 96 *Trucks, V.*  
**Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen**  
1996 · 64 Abb. · 141 Seiten · ISBN 3-540-60599-8
- 97 *Schäffer, G.*  
**Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme**  
1996 · 71 Abb. · 170 Seiten · ISBN 3-540-60958-X
- 98 *Koch, M. R.*  
**Autonome Fertigungszellen - Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung**  
1996 · 67 Abb. · 138 Seiten · ISBN 3-540-61104-5
- 99 *Moctezuma de la Barrera, J.L.*  
**Ein durchgängiges System zur computer- und rechnergestützten Chirurgie**  
1996 · 99 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-61145-2
- 100 *Geuer, A.*  
**Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung**  
1996 · 84 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-61495-8
- 101 *Ebner, C.*  
**Ganzheitliches Verfügbarkeits- und 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 automatisierter Fügeprozesse**  
1998 · 85 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-64511-X
- 115 *Lindnermaier, 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.*  
**Erfahrungsgleiteleite 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 ins 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 **Lasert 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 - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen**  
160 Seiten · ISBN 3-931327-40-X
- 41 **Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**  
146 Seiten · ISBN 3-89675-041-0
- 42 **Stückzahlflexible Montagesysteme**  
139 Seiten · ISBN 3-89675-042-9
- 43 **Produktivität und Verfügbarkeit - ...durch Kooperation steigern**  
120 Seiten · ISBN 3-89675-043-7
- 44 **Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von 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 Kapselfur zu 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 Mößmer, Helmut E.  
**Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme**  
1999 · 164 Seiten · 67 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-585-4
- 125 Gräser, Ralf-Gunter  
**Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern**  
1999 · 167 Seiten · 63 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-603-6
- 126 Trossin, Hans-Jürgen  
**Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik**  
1999 · 162 Seiten · 75 Abb. · 11 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-614-1
- 127 Kugelmann, Doris  
**Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern**  
1999 · 168 Seiten · 68 Abb. · 2 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-615-X
- 128 Diesch, Rolf  
**Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen**  
1999 · 160 Seiten · 69 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-618-4
- 129 Lulay, Werner E.  
**Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen**  
1999 · 182 Seiten · 51 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-620-6
- 130 Murr, Otto  
**Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen**  
1999 · 178 Seiten · 85 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-636-2
- 131 Macht, Michael  
**Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping**  
1999 · 170 Seiten · 87 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-638-9
- 132 Mehler, Bruno H.  
**Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen 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 Fahrer  
**Ganzeitliche 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 Roßgoderer  
**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 telepräsenster 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
- 211 Klaus Schlickerrieder  
**Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile**  
2008 · 204 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 Niklas Möller  
**Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme**  
2008 · 260 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 Daniel Siedl  
**Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrbewegungen**  
2008 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 Dirk Ansorge  
**Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen**  
2008 · 146 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 Georg Wünsch  
**Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme**  
2008 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 Thomas Oertli  
**Strukturmechanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben**  
2008 · 194 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 Bernd Petzold  
**Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsenste Mikromontage**  
2008 · 234 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 Loucas Papadakis  
**Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains**  
2008 · 260 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 Mathias Mörtl  
**Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung**  
2008 · 210 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 Sebastian Weig  
**Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten**  
2008 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0823-2