

Mathias Mörtl

**Ressourcenplanung in der
variantenreichen Fertigung**



Herbert Utz Verlag · München

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 978-3-8316-0820-1

Printed in Germany
Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung

Inhaltsverzeichnis

1	Die Planungsaufgabe in der variantenreichen Fertigung	1
1.1	Einführung in die Problematik.....	1
1.2	Die Herausforderungen des optimierten Ressourceneinsatzes in der variantenreichen Fertigung.....	4
1.2.1	Entwicklung der variantenreichen Fertigung	5
1.2.2	Probleme der variantenreichen Fertigung	8
1.2.3	Planung in der variantenreichen Fertigung	11
1.3	Service für Querleser	14
1.4	Planressourcen	17
1.4.1	Anlagen.....	19
1.4.2	Personal.....	20
1.4.3	Rohstoffe.....	22
1.5	Hauptzieldimensionen einer variantenreichen Fertigung.....	22
1.5.1	Anforderungen an die Kostenplanung.....	24
1.5.2	Anforderungen an das Zeitmanagement.....	27
1.5.3	Anforderungen an das Qualitätsmanagement.....	29
1.6	Weitere Nebendimensionen der variantenreichen Fertigung	30
1.6.1	Gründe für ein erweitertes Zielsystem.....	31
1.6.2	Anforderungen an die Kopplungsfähigkeit	33
1.6.3	Anforderungen an das Wissensmanagement	35

2	Stand der Technik.....	41
2.1	Einführung	41
2.2	Anforderungen der variantenreichen Fertigung an eine Ressourcenplanung	44
2.2.1	Allgemeine Anforderungen	44
2.2.2	Spezifische Ressourcenanforderungen	47
2.3	Planungssystematiken in der PPS	56
2.3.1	Grundlagen und PPS-Systematik	57
2.3.2	Das Manufacturing Resource Planning (MRP II)	61
2.3.3	Heuristische Verfahren	62
2.3.4	Simulation.....	66
2.3.5	Kontrollplantechniken	67
2.4	Autoorganisative Planungsansätze.....	69
2.4.1	Logistikfokussierte Planungssysteme	70
2.4.2	Wissenssysteme.....	72
2.4.3	Agentensysteme	74
2.4.4	Opportunistische Koordinierung.....	75
2.4.5	Hybride Planungsansätze.....	77
2.5	Resümee	79
3	Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung.....	81
3.1	Überblick	81
3.2	Die Einsatznische des Konzepts.....	83
3.2.1	Rahmenbedingungen und Abgrenzung	84

3.2.2	Ziele der Methode	91
3.3	Grobablauf der Methode	95
3.3.1	Diversifizierung des Produktes.....	97
3.3.2	Die präprozedurale Produktionspotenzialtypisierung	100
3.3.3	Abbildung des Kundenauftrages	104
3.3.4	Prozedurale Kombinationsabbildung in Modulkästen.....	110
3.3.5	Auswahl der bevorzugten Ressourcenkombination	116
3.3.6	Ganzheitliche Optimierung der Produktionsumfänge.....	120
3.3.7	Postprozedurale Bewertung.....	123
3.3.8	Die langfristige Ressourcenplanung.....	126
3.4	Elemente der Methode	128
3.4.1	Die Ressourcenkopplung	129
3.4.2	Der Erfahrungsfaktor.....	131
3.4.3	Die Ressourcenblätter – Grundlage der Planung.....	133
3.4.4	Der Modulkasten als Mittel der Komplexitätsreduzierung	135
3.5	Diskussion der gewählten Methode.....	138
3.5.1	Lösungsgenauigkeit	140
3.5.2	Variantenkompatibilität.....	141
3.5.3	Visualisierungsgrad der Lösungen	143
4	Anwendung der Methode.....	145
4.1	Einleitung.....	145
4.2	Ablauf der Methode am praktischen Beispiel	146
4.2.1	Erfassung der Module	146

4.2.2	Übersetzung der Kundenanforderung ins Modulsystem	149
4.2.3	Bewertung der Kundenforderung nach Ressourcenbedarf...	151
4.2.4	Auswahl der gewünschten Lösung	153
4.2.5	Strategische Stufenanalyse	155
4.3	Anwendungsbandbreite der Methode	156
4.3.1	Anwendung in der Fertigungssystemplanung	157
4.3.2	Anwendung in der Standortstrategie.....	158
4.3.3	Anwendung in der Supply-Chain-Optimierung.....	159
4.3.4	Implementierung in einem Simulationsmodell	161
4.3.5	Demonstration am Beispiel der Feinkostindustrie.....	162
5	Zusammenfassung	165
5.1	Überblick.....	165
5.2	Anforderungen der variantenreichen Produktion an die Ressourcenplanung	165
5.3	Gewählte Systematik	168
	Literaturverzeichnis.....	173
	Anhang	193
	Genutzte Softwareprodukte	193

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Evolution der Produktionsparadigmen (nach KÜHNLE 2002A, S. 2)	2
Abbildung 2: Entwicklung der Marktparadigmen (nach ZÄH & AULL 2004, S. 4)	8
Abbildung 3: Spannungskreis der variantenreichen Produktion	9
Abbildung 4: Aufbau der Arbeit	15
Abbildung 5: Abgrenzung der Zieldimensionen	30
Abbildung 6: Das kundenindividuelle Zielsystem	32
Abbildung 7: Arten von Kopplungsaufwendungen.....	35
Abbildung 8: Grundlegende Anforderungen an ein Planungssystem der variantenreichen Fertigung	48
Abbildung 9: Aspekte der Ressourcenbeplanung	54
Abbildung 10: Allgemeine Systematisierung der Planungsmodelle.....	58
Abbildung 11: Schema der belastungsorientierten Auftragsfreigabe.....	64
Abbildung 12: Konzept der wissensbasierten Planungsproblemlösung	72
Abbildung 13: Aufbau des Kapitel 3	82
Abbildung 14: Die 7 Elemente des Planungskonzepts.....	96
Abbildung 15: Problematik der kundenindividuellen Auftragspezifikation.....	105
Abbildung 16: Modularisierung des individuellen Kundenauftrags	106
Abbildung 17: Umsetzung der Produkthanforderungen in ein Produkt.....	107
Abbildung 18: Ableitung geeigneter Fertigungsmodule	109
Abbildung 19: Übersetzung des Kundenauftrags in Fertigungsanforderungen.....	110
Abbildung 20: Der Modulierungsprozess der Kundenanforderungen	111
Abbildung 21: Auftragsneutrale potenzialgeleitete Ressourcenkombination...	112

Abbildung 22: Ressourcenkombinationen und deren Zielausprägungen pro Produktionsstufe.....	113
Abbildung 23: Die Kopplungsaufwendungen	114
Abbildung 24: Der Optimierungsalgorithmus	115
Abbildung 25: Zielsystem in der kundenindividuellen Fertigung	117
Abbildung 26: Die Abbildung des Kundenwunsches im Zielsystem.....	118
Abbildung 27: Das Problem der sukzessiven Auftragseinlastung ohne Optimierung.....	121
Abbildung 28: Das ganzheitliche Auftragsoptimierungskonzept	122
Abbildung 29: Ganzheitliche Optimierung von sukzessiven Auftragsumfängen	123
Abbildung 30: Der Prozess der postprozeduralen Bewertung	124
Abbildung 31: Gründe für Differenzialaufwendungen	126
Abbildung 32: Die Entstehung von Kopplungsaufwendungen	131
Abbildung 33: Visualisierungsbeispiel Ressourcenblatt.....	133
Abbildung 34: Inhalt Ressourcenblätter	134
Abbildung 35: Beispiel für einen Modulkasten (Modulkasten für das Tiefziehen).....	136
Abbildung 36: Laufzeitabhängiger Modulkasteneinsatz.....	138
Abbildung 37: Übersicht der Produktmodule des Demonstrationsbeispiels....	147
Abbildung 38: Übersicht über die Fertigungsmodule des Demonstrationsbeispiels	147
Abbildung 39: Beispiel einer Eingabemaske zur Hinterlegung der Grunddaten im Bereich der Rohstofftypisierung des Produktes	148
Abbildung 40: Beispiel einer Eingabemaske zur Hinterlegung der Grunddaten im Bereich der Anlagentypisierung der Produktion	149

Abbildung 41: Beispiel einer Eingabemaske für die kundenindividuelle Auftragsdefinition	150
Abbildung 42: Beispiel einer Visualisierung einer möglichen Planungslösung	152
Abbildung 43: Beispiel einer benutzerindividuellen Zielsystemdefinition	154
Abbildung 44: Beispiel eines Lösungsraumes einer Fertigung für ein spezifisches, kundenindividuelles Produkt	154
Abbildung 45: Die Stufenoptimierungsmaske	156
Abbildung 46: Anforderungen der oligo- vs. der multivarianten Produktionsplanung	166
Abbildung 47: Vorteile der modularen Fertigungsabbildung	169

Abkürzungsverzeichnis

APS	Advanced-Planning-Systeme (Einsatzplanung von Unternehmensressourcen; Weiterentwicklung von → ERP)
BoA	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe
CIM	Computer Integrated Manufacturing (Sammelbegriff für computerunterstützte Tätigkeiten in einem Unternehmen)
CNC	Computerized Numerical Control (elektronisches Gerät zur Steuerung von Werkzeugmaschinen; Weiterentwicklung von → NC)
ERP	Enterprise Resource Planning (Einsatzplanung der in einem Unternehmen vorhandenen Ressourcen)
FFS	Flexible Fertigungssysteme
IuK	Informations- und Kommunikationstechnik
MES	Manufacturing-Execution-Systems (Fertigungsmanagementsystem)
KMU	Kleinere und mittlere Unternehmen
JIT	Just in Time (fertigungssynchrone Materialbereitstellung)
OPT	Optimized Production Technology (Produktionsplanungsverfahren)
MRP II	Manufacturing Resource Planning (Materialbedarfsplanungsverfahren)
NC	Numerical Control (elektronisches Gerät zur Steuerung von Werkzeugmaschinen)
PPS	Produktionsplanungs- und -steuerungssystem

Formelverzeichnis

Der maximale Fehler der Methode..... 119

mit

w in [%], aufgabenspezifisch optimale Zielgraderreichung eines
Fertigungssystems

x in [%], lösungsspezifische Zielgraderreichung der Dimension *Kosten*

y in [%], lösungsspezifische Zielgraderreichung der Dimension *Zeit*

z in [%], lösungsspezifische Zielgraderreichung der Dimension *Qualität*

1 Die Planungsaufgabe in der variantenreichen Fertigung

1.1 Einführung in die Problematik

Diese Arbeit legt einen aus der Praxis erwachsenen Ansatz für hochflexibel arbeitende Unternehmen vor, die ihre Produkte individuell an Kundenwünsche anpassen. Er dient einer ganzheitlichen Ressourcenplanung im bewegten Marktumfeld variantenreicher und komplexer Fertigungsstrategien.

Die letzten Jahrzehnte waren durch einen Paradigmenwechsel im Konsum- und Kaufverhalten gekennzeichnet. Damit korrespondiert ein elementarer Umschwung der Fertigungs- und Absatzstrategien innovativer Unternehmen (PILLER & IHL 2002, S. 6). Veranlasst durch ein verändertes Qualitäts- und Kostenbewusstsein gerade kaufkräftiger Konsumenten, entstand ein stark segmentierter Absatzmarkt sowohl für Produkte als auch für Dienstleistungen. Herkömmliche Strategieoptionen, wie die von Porter, nach welcher entweder eine taktische Konzentration auf *Differenzierung* oder ausschließlich alternativ eine *Kostenführerschaft* anzustreben sei, sind nicht mehr zureichend (PILLER 1997, S. 1 und STOTKO 2002, S. 4). Im Gegenteil: Verkäuferrmärkte haben sich zu Käufermärkten mit stark ausgeprägter, abnehmerseitiger Verhandlungsmacht entwickelt (PILLER 1997, S. 2 und PINE 1994). Diesen Absatzmärkten, in welchen „hohe Ansprüche an Individualität, Qualität, Service oder Funktionalität einer Leistung gleichzeitig auf eine restriktive Zahlungsbereitschaft für diese Produktdifferenzierung treffen“ (PILLER & IHL 2002, S. 6), müssen sich moderne Unternehmen stellen. PILLER (1997, S. 2) führt dafür folgende Gründe auf:

- Eine zunehmend global agierende Konkurrenz. Daraus resultiert, gerade in Zeiten schneller und transparenter Kommunikation über das Internet, ein entsprechender Marktdruck.
- Eine Strategie der Kostenführerschaft. In vielen Branchen ist diese prinzipiell in ihrer Umsetzbarkeit in Frage gestellt, und zwar aufgrund des fortgeschrittenen Lebenszyklus der Sparte, der damit nur noch minimal zu erzielenden Erfahrungskurveneffekte und der geringen Kostensenkungspotenziale.

- Die Konzepte einer Differenzierungsstrategie, die nicht mehr den gewünschten Erfolg erbringen. Kunden bewerten heute das Verhältnis Differenzierung gegenüber Preis neu und stellen bereits zu günstigen Kosten höhere Ansprüche an Qualität, Service, Produktvielfalt oder Funktionalität, als früher üblich.

Zur Beherrschung der Marktanforderungen unter diesen veränderten Gegebenheiten und um wirtschaftlich erfolgreich zu agieren, ist die Wandlungsfähigkeit eines produzierenden Unternehmens entscheidend (WESTKÄMPER ET AL. 2000, S. 22). Früher war die Effizienz eines Betriebes durch Stabilität und fachkundige Steuerung gesichert. Das heutige Marktumfeld ist jedoch derart instabil, dass herkömmliche Methoden nur sehr begrenzt anwendbar sind. Folglich kann nicht auf die gleiche Art wie früher Effizienz gewährleistet werden. Einzig Produktvielfalt und Kundenbezug durch Prozessflexibilität sowie rasche Reaktionsbereitschaft scheinen einen Ausweg für den „Kern der volkswirtschaftlichen Leistungskraft Deutschlands [...] das produzierende Gewerbe“ (SCHWAB 2001, S. 500), zu bieten (PINE 1994, S. 78). Die hierdurch entstandene Evolution der Produktionsparadigmen (siehe dazu auch Abbildung 1) zwingt schließlich dazu, tradierte Prozesslehren zu überdenken.

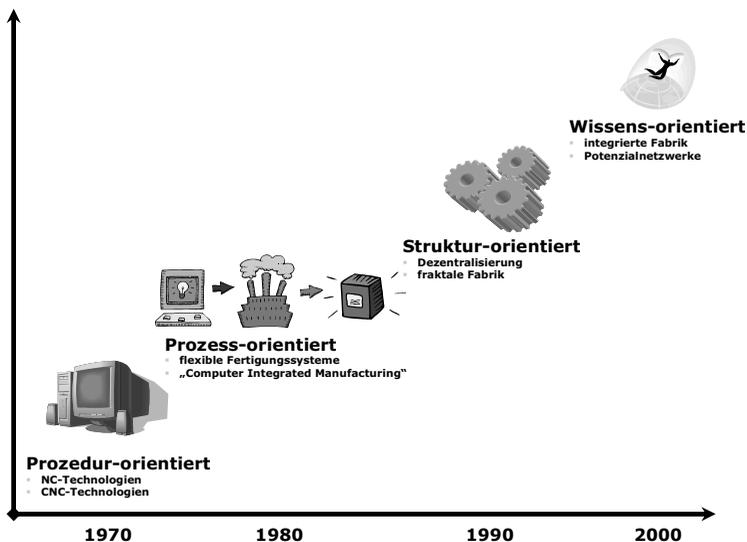


Abbildung 1: Evolution der Produktionsparadigmen (nach KÜHNLE 2002A, S. 2)

Das weite Feld anzupassender innerbetrieblicher Prozesse wurde in der Forschung schon seit längerem erkannt. Für die Entwicklung variantenreicher Produkte wurden folgende, als näher zu untersuchend identifizierte Prozessmodule bereits beschrieben. Dazu zählen nach LINDEMANN ET AL. (2003, S. V) die Beherrschung von Störfunktionen, die Nutzung von 3-D-Parametrisierung bei der variantenreichen Konstruktion, die Möglichkeiten der rechnergestützten Toleranzanalyse, aber auch interdisziplinäres Toleranzmanagement, die Wirkprinzipien der Selbstoptimierung und vieles mehr.

Ein weiterer, bisher nicht ganz so intensiv beleuchteter Aufgabenschwerpunkt ist das Ressourcen- und Prozessmanagement, zu welchem die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten will. Sie soll einen Ansatzpunkt aufzeigen, wie Unternehmen diesen elementaren Teil ihrer Anpassungsbemühungen an die Herausforderungen im neuen Marktumfeld bewältigen können, denn „in heutiger Zeit stellt sich für Unternehmen nicht mehr die Frage, ob sie durch zielgerichtetes Prozessmanagement ihre Ressourcen im Hinblick auf die vom Markt abgeleiteten Anforderungen optimieren wollen, sondern vielmehr wann und wie schnell sich ein solches System an die eigenen Bedürfnisse anpassen und in der eigenen Organisation implementieren lässt.“ (FELDMAYER & SEIDENSCHWARZ 2005, S. 121).

Der Frage, wie im variantenreichen Fertigungsumfeld die Ressourcenplanung optimiert werden kann, geht Abschnitt 1.1 nach. Dazu wird zunächst die Geschichte der variantenreichen Fertigung aufgezeigt (Abschnitt 1.1.1), um anschließend auf die Hintergründe des Paradigmenwechsels und bisherige, nun veraltete Lösungen einzugehen. Darauf aufbauend sollen kurz die aktuellen prozeduralen Probleme der hochvarianten Fertigung angerissen werden (Abschnitt 1.1.2). Im Folgenden wird die Notwendigkeit einer neuen Planungssystematik abgeleitet (Abschnitt 1.1.3).

Abschnitt 1.2 wird die weitere Vorgehensweise der Arbeit zur Deduktion eines geeigneten Planungskonzepts skizzieren. Es möchte dem Querleser als Orientierungshilfe dienen, um Struktur und Argumentation einzelner Erklärungsstufen zu interpretieren.

Abschnitt 1.3 möchte einen Überblick über die hier betrachteten und zu beplanenden Ressourcen Anlagen, Personal und Rohstoffe geben. Um diese Auswahl zu legitimieren, wird sie in Abgrenzung zu möglicherweise alternativ zu beplanenden Geschäftsbereichen diskutiert.

In ähnlicher Abfolge werden auch die anzusprechenden Ziele Kosten, Zeit und Qualität definiert und begründet (Abschnitt 1.4). Sie werden durch die separaten

Nebenaspekte, wie Kopplungsfähigkeit und Know-how, ergänzt. Deren Erläuterung und schematische Einordnung folgt in Abschnitt 1.5.

1.2 Die Herausforderungen des optimierten Ressourceneinsatzes in der variantenreichen Fertigung.

Wie bereits dargestellt, ergeben sich für Betriebe aus dem heutigen Marktumfeld folgende Anforderungen: hohe Produktvariabilität zu niedrigen Kosten bei hoher Produktqualität (PINE 1994, S. 81) oder wenigstens, wie es BARON-PUDA (2002, S. 1) ausdrückt: Ziel muss sein, dass Unternehmen das für den Kunden richtige Produkt mit hoher Effizienz zu angemessenen Kosten und akzeptabler Qualität produzieren.

Die hierbei entstehende Vielfalt an Produktformen muss nicht notwendigerweise allein über die dem Kunden offensichtliche, also die externe Variabilität durchgängig abgebildet werden. In vielen Fällen ist es ausreichend, diese durch eine begrenzte Zahl interner Modifikationen darzustellen. Ihre Kombination vermag dann die vom Kunden geforderte Variante abzubilden (BLECKER 2003, S. 4 und LEVERING 2002, S. 1). Die diesem Variantenmanagement zugrunde liegende Unternehmensphilosophie, das Mass Customization, wird bereits seit über 15 Jahren akademisch diskutiert. Diese Massenherstellung kundenindividuell gefertigter Güter und Dienstleistungen (ANDERSON 1997, S. 4) hat sich in den letzten Jahren immer stärker unter Zuhilfenahme der Internettechnologie am Markt etabliert (PILLER 2002A, S. 1). Heute wird sie von mehr als 7 % aller Unternehmen aktiv und mit durchschnittlich hohem Unternehmenserfolg betrieben (GRASMUGG 2006, S. 146).

Zur Steuerung dieser an Nebenformen reichen Fertigung wurden in der Literatur (BLECKER ET AL. 2003, S. 8) sechs Kernprozesse identifiziert:

- der Entwicklungsprozess
- der Produktkonfigurationsprozess
- die Beschaffungs- und Einkaufsprozesse
- der eigentliche Produktionsprozess
- die begleitende Logistik

- der Kommunikationsprozess

Diese müssen an die neuen Anforderungen angepasst werden. Maßgeblich greift dabei eine Ressourcenplanung in die Prozesse der Beschaffung, der Produktion und der Logistik steuernd ein. Deren spezielle Rahmenbedingungen und prozedurale Besonderheiten müssen aber auch umgekehrt in eine Neugestaltung der Ressourcenplanung Eingang finden. Diese und andere zu berücksichtigende Gesichtspunkte sowie eine historische Ableitung der heute fertigungsseitig bereits vorhandenen Werkzeuge, um Variabilität durch Flexibilität zu beherrschen, sollen in den nächsten Abschnitten aufgezeigt werden.

1.2.1 Entwicklung der variantenreichen Fertigung

„Flexibilität wird [...] schon seit Jahrzehnten als ein bedeutender strategischer Erfolgsfaktor [angesehen]“ (BLECKER & KALUZA 2004, S. 1). Nur die Methode, dieser Herausforderung zu begegnen, änderte sich von Zeit zu Zeit in Anpassung an die technischen Möglichkeiten und zeitaktuellen Gegebenheiten.

Genügte es in den 70er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts noch, die verwendeten Prozeduren unter Einsatz von NC-, später CNC-Technologien zu optimieren und damit zu flexibilisieren, mussten ab etwa 1980 bereits die Prozesse als solche angepasst werden. Prozedurale Adaptionen reichten bereits nicht mehr aus, um am Markt erfolgreich bestehen zu können. Stellvertretend für diese Entwicklung sollen hier die flexiblen Fertigungssysteme (FFS) und die ganzheitlich computerunterstützte Planung, Steuerung und Fertigung (CIM) genannt sein. Als auch dies nicht mehr den Marktanforderungen entsprach, wurden in den 90er-Jahren Unternehmensstrukturen in Forschung und Industrie überdacht. Dies führte unter anderem zur Dezentralisierung von Konzernen und zu der „fraktalen Fabrik“. Aktuell stehen Überlegungen im Vordergrund, die sich an ganzheitlich integriertem Wissens- und Produktionspotenzial orientieren. Unternehmen treten so, kundenanforderungskonform und -spezifisch, zunehmend und erfolgreich am Markt auf (KÜHNLE 2002A, S. 2).

Hintergrund dieser fundamentalen Strategieänderung erfolgreicher Betriebe ist das sich immer schneller wandelnde Unternehmensumfeld. Noch zu Beginn dieses Jahrzehnts galt in weiten Teilen der Industrie die Maxime als ausreichend, einzelne Produktlinien zum Teil über Jahrzehnte hinweg mit Anpassungen zu vertreiben. Innovationen konnten über Jahre hinweg in Ruhe vorbereitet,

2 Stand der Technik

2.1 Einführung

In dem bisher beschriebenen Zielsystem muss sich demnach ein neu zu entwickelndes Ressourcenplanungssystem für die variantenreiche Fertigung bewegen und bewähren können. Einige zentrale Probleme der dynamischen Ressourcenplanung stimmen dabei mit den herkömmlichen Produktionsplanungs- und Steuerungssystematiken überein. Dies gilt sowohl für *die Losgrößen- und Reihenfolgeplanung* (NEUVIANS 1971, S. 12) als auch für die konventionellen Planungsobjekte, die Ressourcen. Sie werden von VOGEL & JONGMANN 2004 (S. 41) so definiert: „Ressourcen sind ursprünglich Produktionsmittel und Hilfsmittel und umfassen alle personellen, materiellen und finanziellen Faktoren, die für die Bereitstellung einer Leistung notwendig sind“. Auch das Planungsziel, die Voraussetzungen für einen technisch und wirtschaftlich optimalen Ablauf der Produktionsprozesse unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Randbedingungen zu schaffen (KUPRAT 1991, S. 4), bleibt bestehen. Aufgrund all dieser Übereinstimmungen und Berührungspunkte mit dem traditionellen Umfeld der Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme der konventionellen, variantenarmen Fertigung ist es sinnvoll, deren historische Spannungs- und Erfolgfelder zunächst intensiver zu betrachten. Auf der Basis dieser Analyse kann dann in einem zweiten Schritt in Kapitel 3 das eigentliche Konzept zur Ressourcenplanung im variantenreichen Umfeld abgeleitet werden.

Die Aufgaben der Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme waren und sind planungsseitig primär die Mengenplanung und sekundär die Bedarfs-, die Auftragsabwicklungs-, die Losgrößen- bzw. die Bestellmengenplanung sowie die Terminplanung. Hier ist das Ziel eine ganzheitlich optimierte Kapazitätsplanung (KURBEL 2005, S. 5). Steuerungsseitig stehen dagegen eher die Auftragsveranlassung und die -überwachung (DORNINGER 1990, S. 35) im Vordergrund. Im kurzfristigeren Arbeitsplanungs- und -steuerungsbereich schließlich werden die Aufgaben der Arbeitsvorbereitung und der Planung und Determinierung der notwendigen Ressourcen auf einer Feinplanungsebene durchgeführt. Dazu gehört auch die Anpassung an kurzlebige und feinstrategische Randbedingungen (LINDEMANN ET AL. 2006, S. 73). Auch diese Aufgabenbereiche müssen demnach durch eine neuartige Ressourcenplanung zumindest unterstützt werden.

Die derzeit am Markt bereitgestellten technischen Lösungen zur Planung und Optimierung in der Fertigung können dabei in folgende Gruppen unterteilt werden (BRECHER ET AL. 2007, S. 465): Zunächst wären die Systemlösungen der Anlagenhersteller zu nennen. Diese werden auch zum Teil den weiter entwickelten Planungssystemen aus dem Umfeld des Enterprise-Ressource-Planning (ERP) oder den hieraus entstandenen Advanced Planning- and Scheduling-Systemen (APS) beigegeben. Zu ergänzen sind noch Planungskomponenten und Leitstände als Bestandteil des Manufacturing-Execution-Systems (MES).

Über diese Auswahl an schon verfügbaren Systemen hinaus wurden bereits Lösungen für eine Fülle von Spezialfällen in der Forschung erfolgreich näher betrachtet und umgesetzt. So gibt es beispielsweise Ansätze, ein flexibles System zu planen und aufzubauen, welche sich stochastischer Methoden bedienen, um Repräsentanzwerkstücke zu identifizieren und anschließend die Variantenkonglomerate zu planen (DANKERT 1995). Auch die in diesem Zusammenhang notwendige modularisierte Darstellung der betroffenen Prozesse und Prozesszustände (WAGENKNECHT 2004, S. 127) wurde bereits aus-sichtsreich behandelt. Deshalb hat beispielsweise PILLER 2003A versucht, aus dieser Vielzahl an bereits verfügbaren Produktionsplanungssystemen ein geeignetes für das variantenreiche Umfeld zu finden. Er entschied sich für eine Systematik, bestehend aus bestands- und engpassgesteuerten Planungsalgorithmen und einer regelbasierten Planungslogik. Sie soll in der Lage sein, das Supply-Chain-Management wie auch die Koordination und Kommunikation zwischen einzelnen Einheiten zu unterstützen.

Hier und bei anderen ähnlichen Überlegungen ist es problematisch, dass „die Erfahrung zeigt, dass die Probleme der variantenreichen Ressourcenplanung durch verfügbare exakte Verfahren mit vertretbarem Aufwand häufig nicht gelöst werden können“ (ZHAN 1991, S. 1). Die derzeit nicht oder nur wenig beherrschbaren Ursachen der Komplexität von Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen werden so nicht bewältigt. Dies liegt an der Vielzahl an zusammenhängenden Funktionen, wie der Bildung auftragspezifischer Potenzialfaktorkombinationen oder der Wahl der Freigabezeitpunkte (CORSTEN ET AL. 2003, S. 55) bei einer hohen Zahl zu behandelnder Teile. Auch die zu beplanenden Objekte sind ihrerseits voneinander abhängig (SCHEER 1991, S. 2). Darüber hinaus sind bei vielen betrieblichen Planungs- und Entscheidungssituationen die relevanten Einflussgrößen kaum zu präzisieren, sodass die zusätzlich modellgestützte Berücksichtigung stochastischer Einflussgrößen in

vielen Fällen zu nicht oder nur mit hohem Aufwand lösbarer Modellierungen führt (INDERFURTH & JENSEN 1996, S. 2). Außerdem sind, so CORSTEN ET AL. (2003, S. 55), Flexibilitätsaspekte moderner Fertigungssysteme in bisherigen Planungssystemen nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt. Das führt unter anderem zu einer hohen Planungsfrequenz bei schlechter Planungsgüte, die nicht nur durch externe Einwirkungen, sondern auch durch diese eigentlich zu vermeidenden internen Faktoren verursacht wird (INDERFURTH & JENSEN 1996, S. 33).

Ein weiteres, sehr spezifisches Problem der variantenreichen Fertigung ist, dass in der Vergangenheit beim Teilbereich Variantenmanagement der Produktionsplanung überwiegend das Produkt, nicht jedoch die Prozessplanung im Mittelpunkt der Forschung stand (JANITZA 2004, LINGNAU 1994 und OHL 2000)

Es muss daher ein neues System gefunden werden, das auf bereits vorhandenen basiert, deren Nachteile vermeidet, ihre Vorteile jedoch nutzt. Es soll in der Lage sein, den Anforderungen der variantenreichen Fertigung besser zu genügen. Seine Bewertungskriterien sollen die Qualität der Lösung, der Zeitaufwand und Speicherbedarf für dessen Generierung und der Aufwand der Implementierung (ZHAN 1991, S. 84) sein.

Daher werden nun in Abschnitt 2.1 zunächst noch einmal die Anforderungen an die Ressourcenplanung innerhalb der variantenreichen Fertigung herausgearbeitet. Dabei wird insbesondere auf die Fähigkeit eines Systems eingegangen, das spezifische Ressourcenpotenzial in einem hochvarianten Umfeld abzubilden, den wirtschaftlichen Einsatz einer Ressource zu bestimmen und vielfältigste Ressourcentypen standardisiert zu definieren. Im Anschluss daran sollen ab Abschnitt 2.2 bestehende Systeme vorgestellt sowie deren Eignung für einen Einsatz im variablen Fertigungsumfeld bewertet werden.

2.2 Anforderungen der variantenreichen Fertigung an eine Ressourcenplanung

2.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die Anforderungen an die Ressourcenplanung im variantenreichen Fertigungsumfeld basieren auf denen, die auch an Planungssysteme der traditionellen Fertigung gestellt werden. Sie müssen durch spezifische Randbedingungen des heterogenen Umfeldes ergänzt werden. Grundforderung ist, dass das Modell das Verständnis der bestehenden Realität steigern und sie zu beherrschen ermöglichen muss. Dabei soll ein Nutzen durch die praktische Anwendung des Modells entstehen (LEVERING 2002, S. 81). Die Aufgabenbereiche der hier zu untersuchenden Ressourcenplanung sind mit denen der traditionellen Produktionsplanungssysteme identisch und decken daher die strategische und operative PPS genauso ab wie die hier anfallenden lang-, mittel- und kurzfristigen Planungsumfänge (KURBEL 2003, S. 17). Darüber hinaus müssen zwingend auch die Mechanismen der Auftragsfreigabe mit einbezogen werden. Sie erstrecken sich von der Auftragsvorbereitung, mit der Materialdisposition und der Auftragsablaufdeterminierung, über die Auftragspriorisierung bis zur -einlastung (CORSTEN ET AL. 2003, S. 3). Diese Integration aller operativen, mit dem Kundenauftrag befassten Auftragsbearbeitungssysteme war eine der zuvor beschriebenen Grundforderungen, um eine ganzheitliche Integration des Abnehmers in den Fertigungsprozess zu gewährleisten.

Genauso sollen die Ziele der traditionellen PPS übernommen werden, welche sich in einer hohen zu erzielenden Termintreue, geringen Lagerbeständen und einem hochflexiblen Fertigungssystem (LUCZAK & EVERSHEIM 2001) (*Polylemma der Ablaufplanung*) (HINTZ 1987, S. 20) wiederfinden.

Analog kann die konservative Trennung von zentraler Durchführung der strategischen Planungsumfänge, wie Programmplanung, Mengenplanung oder beispielsweise Auftragsveranlassung, und dezentraler Ausführung der Kapazitäts- und Auftragsüberwachung (CORSTEN 1998), je nach Fertigungssystem und Unternehmensstrategie, auch im variantenreichen Umfeld sinnvoll umgesetzt werden. Sie ist damit keine explizite und neuartige Forderung an die Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung.

Anders verhält es sich mit den Anforderungen, welche sich aus der gewünschten Wandlungsfähigkeit der Systeme ergeben. Insbesondere ist dies die Möglichkeit zur Erweiterung und umfangreichen Integration und eine ausgeprägte Lernfähigkeit der Systeme (LINDEMANN ET AL. 2006, S. 64). Auch muss beachtet werden, dass sich alle Aktivitäten der operativen PPS und damit auch der Fertigungssteuerung mehr oder weniger an individuellen Kundenaufträgen orientieren. Folglich findet nicht, wie bei Programmfertigern und deren herkömmlichen Systemen üblich, eine anonyme Planung von Bedarfen und Fertigungsaufträgen statt (KURBEL 2003, S. 187). Auch müssen die neu zu konzipierenden Ressourcenplanungssysteme mit unvollständigen Grunddaten umgehen können (KURBEL 2003, S. 195).

Allerdings ändert sich der Schwerpunkt der Planungssysteme. War dies bisher die Kapazitätsauslastung, so ist es jetzt die Durchlaufzeit, da zukünftige Aufträge diesbezüglich unberechenbar sind (BICHLER ET AL. 1992, S. 11). Da schnell und kostengünstig auf die Kundenwünsche reagiert werden muss, kann das neue Planungssystem nicht auf dem bisher weit verbreiteten MRP-II-Konzept mit langen Planungszyklen basieren. Hinzu kommt, dass die großen Unterschiede zwischen den einzelnen Ausprägungen in die im variantenreichen Umfeld benutzten Fertigungssysteme integriert sind. Je nach Art und Ausprägung der Fertigungsstrategie kann dies zum Beispiel eine Fließfertigung oder auch einmal eine teilautonome Fertigungszelle sein (PILLER 2003A, S. 319). Diese Dynamik in Prozess und System soll mittels geeigneter Planungs- und Steuerungsinstrumente beherrschbar bleiben (WESTKÄMPER ET AL. 2000, S. 25). Hier liegt eines der größten Hindernisse für die Implementierung moderner, variantenreicher Fertigungssysteme. Die Komplexität dieser Systeme, gerade wenn diese in bereits existierende Systeme der Massen- oder Einzelfertigung eingeführt werden müssen, ist enorm (SCHENK & SEELMANN-EGGEBERT 2002, S. 1). Damit stehen Unternehmen derzeit vor großen, noch nicht vollständig gelösten Herausforderungen für ihr wirtschaftliches Überleben (PILLER 2003A, S. 224).

Ein gewisses Maß an suboptimaler Effizienz wird dabei ohnehin bereits von wandlungsfähigen Unternehmen, gerade im Vergleich zu traditionellen Wirtschaftsweisen, zu tolerieren sein, da sie sich ohnehin vom Primat der umfassenden Prozesseffizienz entfernen und ein bestimmtes Maß an Redundanz und gestalterischen Freiräumen unumgänglich ist (WESTKÄMPER ET AL. 2000, S. 26). Die Konsequenz der intensiveren Nutzung flexibler Ressourcen ist darüber hinaus die enorme Zahl potenziell möglicher Prozesspläne für jedes

3 Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung

3.1 Überblick

Es ist also eine neue Form der Ressourcenplanung vorzuschlagen, die den Anforderungen des variantenreichen Umfelds gerecht wird. Sie muss einerseits den speziellen Unternehmensanforderungen genügen und manuell zu kontrollieren sein, sich andererseits aber auch an die Randbedingungen des Umfelds anpassen. Die Grundzüge einer traditionellen Ressourcenplanung sollen dabei erhalten bleiben, also beispielsweise die Funktion, einen Ablaufplan zu entwickeln, der die Durchführung eines Auftrages auf eine zulässige Weise sicherstellt und anders als bei der reinen Terminplanung zusätzlich zum zeitlichen Ablauf auch die kapazitiven Beschränkungen beachtet (HOLZER 1999, S. 59). Ebenso muss das Grundprimat, ökonomische Ziele verfolgen zu können, ein integraler Bestandteil sein, also diejenigen Ressourcen zu wählen, mit denen sich der größtmögliche Unternehmensgewinn erzielen lässt (HOLZER 1999, S. 65).

Die speziellen Notwendigkeiten des variantenreichen Umfelds, die unter anderem „die Einführung weitgehend integrierter Systeme zur ganzheitlichen Unterstützung des Entwicklungs-, Fertigungs- und Distributionsprozesses“ bedingen, führen zu einer steigenden Vernetzung der beteiligten Einheiten und zu immer komplexeren Strukturen, so TÖNSHOFF ET AL. (2000, S. 601). Und genau hier können derzeitige PPS-Verfahren nicht mehr das geforderte Spektrum an Einsatzoptionen und Umsetzungsmöglichkeiten leisten, denn dieser enorme Anstieg der Komplexität sowohl innerhalb der organisatorischen Prozesse als auch bezüglich der notwendigen Informationsflüsse verursacht, dass bestehende Produktionssteuerungsverfahren diesen Rahmenbedingungen nicht mehr gewachsen sind, so MÄRTENS ET AL. (2007, S. 471). Größter Mangel ist dabei laut PILLER (2003A, S. 343) die heute übliche sukzessive Planung. Ein Kapazitätsabgleich finde hierdurch erst im Anschluss an die Programm- und Mengenplanung statt, eine systematische Betrachtung der Engpässe fehle darüber hinaus vollständig, ebenso wie die Unterstützung spezifischer Geschäftsprozesse.

Folglich muss die neu zu entwerfende Ressourcenplanung diese Mängel beheben und eine ganzheitliche, quantitative, temporale und lokalisierende Planung aller relevanten Ressourcen erlauben. Das betrifft laut HUBER ET AL. (2005, S. 100) die Arbeitskräfte, die Maschinen und die verwendeten Materialien.

Hierzu wurde ein Konzept entworfen, das sich in der praktischen Umsetzung bereits bewährt. Es basiert auf einem neuartigen, in sich stringenten Ansatz der Modularisierung und stellt eine Beherrschung der betrieblichen Prozesse im variantenreichen Umfeld in Aussicht.



Abbildung 13: Aufbau des Kapitel 3

Einen ersten Überblick über das vorzustellende Konzept gibt, wie in Abbildung 13 dargestellt, der Abschnitt 3.1. Dabei wird zunächst insbesondere auf die zugrunde gelegten Anforderungen und, damit verbunden, auch auf die Abgrenzung zu anderen Konzepten eingegangen. Aus diesen Rahmenbedingungen werden dann in Abschnitt 3.1.2 die Ziele der neuen Methode noch einmal herausgearbeitet. In Abschnitt 3.2 wird das gewählte Konzept zunächst in seinem Grob Ablauf vorgestellt. Schwerpunktmäßig wird hier auf die sieben Schritte zur Umsetzung des Konzepts und die dahinterstehenden Systemannahmen eingegangen. Aber auch die Einsatzfähigkeit der Methode zur langfristigen, strategischen Ressourcenplanung wird dargelegt. Im darauffolgenden Abschnitt 3.3 werden dann einige wichtige Alleinstellungsmerkmale des Konzepts eingehend beleuchtet. Im Speziellen soll hier aufgezeigt werden, wie die Kopplung, d. h. die Verbindung der einzelnen Ressourcen zu einem Gesamtsystem, aufgebaut

ist. Die Verarbeitung des Faktors „Erfahrung“, welche in Kapitel 1 als eine der neuen Herausforderungen herausgearbeitet wurde, soll näher erklärt werden. Aber auch die Datenaufbereitung in Ressourcenblättern und Modulkästen wird noch einmal gesondert dargestellt und deren Einsatzzwecke und deren besonderer Nutzen werden erläutert. In Abschnitt 3.4 schließlich werden die der Methode eigenen Vorzüge detailliert besprochen und ihr Potenzial zum Einsatz im variantenreichen Umfeld wird zur Diskussion gestellt.

3.2 Die Einsatznische des Konzepts

In diesem Abschnitt werden zunächst noch einmal die Nebenbedingungen dargelegt sowie das Einsatzgebiet, in dem die hier vorgelegte, neuartige Methode ihre Relevanz beweisen und die betriebliche Praxis unterstützen soll. Definiert werden zum einen die Anforderungen an eine Ressourcenplanung in diesem Umfeld, zum anderen aber auch die Ziele, die das hier präsentierte Konzept verfolgt.

Dem Verfahren zugrunde gelegt wurde dabei die von FELDMAYER & SEIDENSCHWARZ (2005, S. 72) vorgeschlagene Handlungsweise. Nach dieser soll die Prozessorientierung der Struktur der gewählten Unternehmens- und der Absatzstrategie folgen. Deshalb hat das aktuelle Marktparadigma, das die Kundenorientierung ausdrücklich betont, maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung des Konzepts. Dies wurde nicht nur bei der von FELDMAYER & SEIDENSCHWARZ (2005, S. 72) verlangten Reduktion organisatorischer Schnittstellen verfolgt, sondern beispielsweise auch bei der Umsetzung der von PILLER & SCHALLER (2002, S. 14) immer wieder betonten Notwendigkeit, die Kundenbedürfnisse ganzheitlich zu befriedigen. Möglich wird das nicht nur durch eine kosteneffiziente Bereitstellung der Produkte, sondern auch durch eine Erhöhung des Kundennutzens über eine Qualitätsverbesserung bei flexibler und schneller Erfüllung der Kundenwünsche. Dabei wurde nicht nur, soweit umsetzbar, die Hinwendung zur umfassend abnehmerfokussierten Organisation beachtet. Auch die unternehmenseigenen Vorteile aus diesem Konglomerat wurden beachtet, wie beispielsweise die nach PILLER & SCHALLER (2002, S. 8) überlebenswichtigen „economies of interaction“. Sie erlauben es unter anderem, wichtige Marketinginformationen zu generieren.

Aber auch die prinzipielle Problematik der variantenreichen Fertigung, die Auflösung des Interdependenzenproblems zwischen einzelnen Planungsstufen,

wurde mit der Implementierung zu lösen versucht. In traditionellen Planungstechniken ist das nicht vollständig berücksichtigt. Das heißt, dass die Abhängigkeit von Entscheidungsmöglichkeiten untereinander nicht oder nur unvollkommen behandelt ist, wie z. B. wenn mehrere Bearbeitungsreihenfolgen möglich sind und eine einmal gewählte Alternative Folgewirkungen beispielsweise auf die Rüstreihenfolge verursacht. Gleichzeitig wurden die von SCHEER (1976, S. 24) angesprochenen, bis heute hinderlichen Nachteile umgangen, die durch einen unverhältnismäßig hohen Rechenaufwand entstehen. Dieser kommt im Speziellen bei der mathematischen Optimierung dieses Problems gewöhnlich zum Tragen.

Der gewählte Lösungsansatz ist dabei im Wesentlichen eine Erweiterung und Systematisierung des Ansatzes, wie er unter anderem von WESTKÄMPER (2001, S. 479) in Teilen beschrieben wurde. Er folgt der Grundannahme, dass eine Normierung der Produktvarianten auf der Basis eines modularen Systems es ermöglicht, kundenspezifische Anforderungen zu erfüllen, indem aus Komponentenbaureihen und standardisierten Modulen individuelle Produkte konfiguriert werden. Laut WESTKÄMPER (2001) haben bereits viele Unternehmen diesen Weg erfolgreich beschritten. In der Praxis sei so schon ein etablierter Weg gefunden worden, um die steigende Komplexität und Vielfalt zu beherrschen. Diese Aussage hat die Überlegung veranlasst, diese Modularisierung auch auf Prozessebene zu spiegeln und so auf verschiedenen und individuell anzupassenden Aggregationsebenen ein heterogenes System abzubilden.

3.2.1 Rahmenbedingungen und Abgrenzung

Grundherausforderung in dem neuen Wettbewerbsparadigma, das sich durch kundenindividuelle und damit variantenreiche Fertigung charakterisieren lässt, ist die prinzipbedingte Tatsache, dass erst, wenn ein Auftrag vorliegt, weite Teile der Wertschöpfungskette angestoßen werden. Im Speziellen die besonderen Kostenstrukturen und Kostensenkungspotenziale einer kundenspezifischen und -integrierten Wertschöpfung und damit die Vorteile und Anreize für ein Unternehmen, sich in diesem Marktumfeld zu engagieren, beruhen dabei zu einem hohen Maße auf diesem zeitgerechten Wirtschaften, so REICHWALD & PILLER (2003, S. 7). Zur Beherrschung dieses Paradigmas wurden daher in der Vergangenheit viele unterschiedliche Konzepte und Strategien entworfen. So wurden in den letzten Jahren laut UNGER (1998, S. 13) auf der operativen Seite intensiv die Konzepte der Fertigungsinseln und

-segmente, aber auch der fraktalen Fabrik untersucht und zur Anwendung gebracht. Strategisch bemühte man sich, die Methoden der Lean Production, aber auch des Mass Customization anzuwenden. UNGER (1998, S. 13) schildert weiter, dass all diesen Ansätzen eine Dezentralisierung der Regelkreise zu eigen war. Durch beispielsweise eine intensive Nutzung der eigenverantwortlich planenden Gruppenarbeit, durch eine Segmentierung und eine Selbststeuerung, schlicht durch eine ganzheitliche Flexibilisierung der Fertigung, würde eine höhere Wandlungsfähigkeit der Unternehmen angestrebt. Gerade dieser Flexibilisierungsgedanke ermöglichte es, mit der dadurch erzielbaren, hohen Reflexionsgeschwindigkeit die kundenindividuelle Fertigung zu bedienen und so das oben beschriebene Kostensenkungspotenzial zu heben (REICHWALD ET AL. 2006, S. 424).

Dadurch werden aber fertigungsseitig flexible Fabriken unabdingbar, welche sich durch schnell umrüstbare, anpassbare und verlagerbare Produktionseinrichtungen auszeichnen (GESELLSCHAFT ENTWICKLUNG 2001, S. 93). Diese müssen in gleicher Art in einem Ressourcenplanungssystem reflektiert werden. Wie aber gerade WESTKÄMPER ET AL. (2003) herausstreichen, sind bereits bestehende, kommerzielle Lösungen derart komplex, dass vor ihrer Anwendung eine mehrmonatige Schulung der Nutzer notwendig ist. Insbesondere die Anforderungen von kleinen und mittleren Unternehmen würden so bisher nur unzureichend abgedeckt, denn gerade diese kleinen Unternehmen, als Rückgrat der Wirtschaft und derzeitige Träger und Gestalter der kundenindividuellen, variantenreichen Fertigung, verfügen neben ihrer spezifischen Kernkompetenz nur über sehr begrenzte weitere Ressourcen, so MÜLLER (2003, S. 47). Damit wird die Prognose von PINE (1994, S. 331) Realität: Die Informationsüberlastung wird zunehmend eine Bedrohung für die variantenreiche Massenfertigung. Das gilt sowohl für die KMU mit ihrem begrenzten Fertigungsumfang, aber ebenfalls für betroffene komplexere Unternehmensgebilde, die sich zwar durch eine größere Zahl zur Verfügung stehender Ressourcen, zugleich jedoch auch durch eine wesentlich höhere interne Komplexität auszeichnen.

In der Theorie wurden bereits viele Strategien zur Bewältigung der neuen Anforderungen entwickelt und fast alle zielen auf die oben angesprochene Dezentralisierung. Die heute verfügbaren Standard-Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme sind dennoch in ihrem prozedural-systematischen Methodenaufbau zentralisiert veranlagt, so UNGER (1998, S. 7), und verfolgen somit eine falsche, veraltete Philosophie. Darüber hinaus können laut TSENG & PILLER (2003, S. 385) die anderen Erscheinungen einer variantenreichen Fertigung, die

4 Anwendung der Methode

4.1 Einleitung

Die Komplexität der variantenreichen Fertigungsumgebung hat ihre Ursache in den beiden miteinander verbundenen Variantenspektren: der kundenindividuellen Produktdefinition und der wandlungsfähigen Fertigung. Mit der hier vorliegenden Arbeit wurde eine Methode für die Ressourcenplanung vorgeschlagen, welche die Vorteile der variantenreichen Fertigung bei gleichzeitiger Nivellierung der komplexitätsinduzierten Nachteile zu unterstützen versucht. Das kundenindividuelle Massenfertigen ist zwar als Paradigma relativ neu, doch wurde es bereits in der Literatur von Pine 1993 (dt. Übersetzung PINE 1994) mit Leben gefüllt und von Piller 1997 (PILLER 1997) im deutschsprachigen Raum bekannt gemacht. Schon seit längerer Zeit haben Unternehmen ähnliche Strategien umgesetzt, die aber noch nicht so benannt waren. So bot beispielsweise BMW im Jahre 2004 10³² theoretisch zu fertigende Fahrzeugvarianten an. Gleichzeitig bemühte sich der Konzern, die Lieferzeiten von 30 auf zehn Tage zu reduzieren, so MEYR (2004, S. 1). Aber auch in anderen Branchen gibt es derartige Ansätze. So sind beispielsweise in der Lebensmittelindustrie, gerade im Eigenmarkenbereich, bis zu 10 000 Rezepturen, die jeweils in bis zu 50 000 Verpackungskombinationen täglich wechselnd abgepackt werden, keine Seltenheit.

In den Kapiteln zuvor wurden die Rahmenbedingungen und Anforderungen an eine geeignete Ressourcenplanung entwickelt, die auch in eine konkrete Umsetzung einer solchen Planungssystematik überführt wurden. In dem nun folgenden Abriss sollen zunächst der Ablauf der Methode und das hierfür erstellte Werkzeug am praktischen Beispiel erläutert werden (Abschnitt 4.1), wobei im Speziellen auf die wesentlichen Schritte der Methode eingegangen wird. In Abschnitt 4.2 schließlich werden konkrete Anwendungen für die eingeführte Planungsmethodik aufgezeigt. Die Systematik eignet sich nicht nur für den klassischen Ablaufplanungsfall des traditionellen Maschinenbaus, sondern sie kann auch zur Bewertung einer ganzheitlichen Unternehmensstandortstrategie eingesetzt werden. Möglich ist aber auch eine Planung und Optimierung der unternehmensübergreifenden Wertschöpfungskette. Die Methode eignet sich des Weiteren, wie aufgezeigt werden wird, aufgrund ihrer in sich starren Regeln sehr gut, um beliebige Unternehmensmodelle abzu-

bilden. Auch der Einsatz in den Branchen fern vom klassischen Maschinenbau, beispielsweise der Lebensmittelindustrie, wird demonstriert.

4.2 Ablauf der Methode am praktischen Beispiel

Der theoretische Hintergrund der hier vorgeschlagenen Planungsmethode zur Ressourceneinlastung im variantenreichen Umfeld wurde in den Kapiteln 1 bis 3 bereits beleuchtet. Ziel ist es daher in diesem Abschnitt, die komplexen Zusammenhänge und Hürden in der Anwendung der Methode kurz und prägnant am praktischen Beispiel zu erläutern. Hierzu wurde das Fertigungssystem eines beliebigen, in der beschriebenen Form nicht existenten Unternehmens in einem zu diesem Zweck erstellten, vollumfänglich funktions-tüchtigen Methodendemonstrator abgebildet. Das Unternehmen sei eines der fischverarbeitenden Lebensmittelindustrie, das seinen Großkunden individualisierbare Produkte anbieten möchte. Für das hier vorgelegte Szenario sei darüber hinaus angenommen, dass die Phase der marketinggetriebenen, strategischen Produktausrichtung sowie die Modularisierung der Fertigung bereits abgeschlossen sind, sodass sich die Darstellung rein auf den Umgang mit der Ressourcenplanung konzentrieren kann.

4.2.1 Erfassung der Module

Als Produkt wurde für dieses Unternehmen eine Heringspeise ausgewählt, welche entweder auf einem Tiefkühlhering oder einen lieferantenseitig vormarinierten Sauerhering basieren soll. Diese können kundenindividuell in drei verschiedene Größen geschnitten werden, beginnend von Heringslappen, wie sie zum Beispiel vom Bismarckhering bekannt sind, bis zu Happen, die derzeit gerne in Marinaden eingesetzt werden. Da das Filet an sich im allgemeinen als zu streng empfunden wird, soll dieses, je nach Kundenwunsch, noch gezuckert oder gesalzen werden können, bis es in einer Sahne- oder Ölmarinade eingelegt wird. Darüber hinaus kann der Kunde über die Art der Filetmarinierung bzw. der Einlagegewichtung entscheiden: Das Filet kann gerichtet und arrangiert abgelegt werden oder als reine Filetcallibrierung ausgeliefert werden, falls das maschinelle Zusammenstellen von Filetgewichtskombinationen zu einer Zielgewichtung ausreicht. Zu guter Letzt schließlich kann der Kunde sich zwischen fünf verschiedenen Verpackungsformen entscheiden. Eine Übersicht über die diversen Formen und Ausprägungen gibt Abbildung 37.

4.2 Ablauf der Methode am praktischen Beispiel

Tauung	Schnitt	Veredelung	Soßung	Arrangement	Abfüllung
TK-Hering	Lappen	gesalzen	Sahnesoße	arrangiert	Glas
	Filet				Ovalschale
Sauerhering		Happen	gezuckert	Ölmarinade	kalibriert
	Konserve				
					Becher

Abbildung 37: Übersicht der Produktmodule des Demonstrationsbeispiels

Damit werden zunächst 240 mögliche Produktvarianten abgebildet. Die Realität eines Lebensmittelunternehmens ist damit zwar stark vereinfacht wiedergegeben, dies soll aber hier zur Demonstration ausreichen. Diesen Produktvarianten sei des Weiteren, wie in Abbildung 38 gezeigt, ein branchenüblicher Fertigungsumfang, bestehend aus Material, Anlagen und Personal, gegenübergestellt. Auch sie ist mit nur 57 600 Varianten zu Demonstrationszwecken stark vereinfacht. Trotzdem ergeben sich allein durch dieses Beispiel für die Fertigung 13 824 000 mögliche Produktprozessvarianten, welche individuell zu beplanen und umzusetzen wären. Übliche, auf der Exhaustionsmethode basierende Planungssysteme wären angesichts der vielfältig zu berechnenden Zielerreichungsgrade, die unter anderem spezifisch für jede Kombination zu errechnende Qualitätsausprägungen einschließen, schnell an ihren Leistungsgrenzen angelangt.

Tauung	Schnitt		Veredelung	Soßung		Arrangement	Abfüllung		
Edelhering	Band-schneider	Schneider A	Ein-klat-scher	Herbot	Veredler A	Multikopf	Abfüller A	TOV-Band	Wieger A
Eurohering		Schneider B			Veredler B				
Saisonhering	Slicer	Schneider C	Ein-klat-scher	Coruma	Veredler C	manuell	Abfüller B	Admiral	Wieger B
Ostseehering		Abfüller A			Abfüller B				
Nordseehering	Rund-schneider	Veredler B						Lider	

Abbildung 38: Übersicht über die Fertigungsmodule des Demonstrationsbeispiels

Diese Daten sind nun in die Abbildungsweise der Ressourcenplanung zu überführen. Die jeweils kundenindividuell spezifizierbaren Ausprägungen werden dabei als die von der Fertigung zu erbringenden Fertigungspotenziale

eingbracht. Sie sind damit die leicht zu identifizierende Leitschnur, anhand derer die Fertigung gesteuert und beplant werden kann. Fertigungssystemseitig müssen darüber hinaus die Plandaten für die Produktion des Produktes angegeben werden. Hierzu wurde die Systematik gewählt, beispielsweise für Rohmaterialien die Rohstoffgruppe (als eindeutige Verknüpfung zu den Anlagen), die Rohstoffbezeichnung, die Kosten, die Verfügbarkeit und deren Lagerort (zur Erstellung der Kopplung) einzugeben (siehe auch Abbildung 39).

Rohstoffstammdaten						
■ Rohstoffbezeichnung	Rapsöl	Verfügbarkeit ab	13.06.2007 08:29:21	Lagerort:	Standort A	
		Kosten pro Einheit	0,10 €	Ident:	51	
■ Rohstoffbezeichnung	Olivendöl	Verfügbarkeit ab	13.06.2007 08:29:21	Lagerort:	Standort B	
		Kosten pro Einheit	0,10 €	Ident:	52	
■ Rohstoffbezeichnung	Sahne	Verfügbarkeit ab	13.06.2007 08:29:21	Lagerort:	Standort A	
		Kosten pro Einheit	0,10 €	Ident:	53	
■ Rohstoffbezeichnung	Joghurt	Verfügbarkeit ab	13.06.2007 08:29:21	Lagerort:	Standort B	
		Kosten pro Einheit	0,10 €	Ident:	54	
■ Rohstoffbezeichnung	Edelhering	Verfügbarkeit ab	13.06.2007 08:29:21	Lagerort:	Standort A	
		Kosten pro Einheit	0,60 €	Ident:	55	
■ Rohstoffbezeichnung	Europahering	Verfügbarkeit ab	13.06.2007 15:41:21	Lagerort:	Standort B	
		Kosten pro Einheit	0,30 €	Ident:	56	
■ Rohstoffbezeichnung	Saisonhering	Verfügbarkeit ab	14.06.2007 10:53:21	Lagerort:	Standort A	
		Kosten pro Einheit	0,30 €	Ident:	57	

Abbildung 39: Beispiel einer Eingabemaske zur Hinterlegung der Grunddaten im Bereich der Rohstofftypisierung des Produktes

In ähnlicher Weise müssen maskenbasiert auch die Daten für die Fertigungsanlagen und das Personal eingegeben werden. Die Anlagen sollen die Daten über das zu produzierende Merkmal (die kundenindividuelle Ausprägung ist, wie bereits erwähnt, der direkte Identifikator), den als unveränderlich angenommenen Standort der Anlage, die Fertigungskosten, die Verfügbarkeit, den Zeitbedarf für einen spezifischen Prozessschritt, die Parameter zur Errechnung der Qualität und die benötigten Bedienerandbedingungen erhalten, wie in Abbildung 40 aufgezeigt.

Ähnlich soll schließlich auch mit den Personalressourcen verfahren werden, wobei hier die Gruppenbezeichnung, das zu erfüllende Fertigungspotenzial, die Kosten pro Zeiteinheit, die Verfügbarkeit, die Qualität und die Erfahrung anzugeben sind.

Hierbei ist es wichtig zu beachten, dass die Umfänge und Angaben zu den einzelnen Ressourcen einen rein beispielhaften Charakter haben. Sie lassen sich innerhalb der Planungsmethode beliebig in dem jeweiligen Detaillierungsgrad, der Detaillierungstiefe, ihrer Modularität und ihrer Spezifikation variieren.

Maschinebezeichnung	
Bandschneider	
Stammdaten	Ressourcenverzehr
Produktionspotential <input type="text" value="Lappen"/>	Kosten/h <input type="text" value="20,00 €"/>
Standort <input type="text" value="Standort B"/>	Verfügbarkeit <input type="text" value="12.06.2007 19:54:36"/>
Ident <input type="text" value="1"/>	Zeitbedarf <input type="text" value="00:10:00"/>
	Qualität <input type="text" value="60,00%"/>
	Produktionshäufigkeit <input type="text" value="33,00%"/>
	Personal
	Anzahl Bediener <input type="text" value="2"/>
	Qualifikation Bediener <input type="text" value="Schneiden"/>

Abbildung 40: Beispiel einer Eingabemaske zur Hinterlegung der Grunddaten im Bereich der Anlagentypisierung der Produktion

Es soll weiterhin ausdrücklich darauf hingewiesen sein, dass das hier aufgezeigte Beispiel stark vereinfacht ist und bei einer *praktischen* Umsetzung von einem höheren Detaillierungsgrad auszugehen ist. Im Sinne eines besseren Verständnisses wurde hierauf aber verzichtet. Durch die Objektorientierung des Planungssystems lässt sich jedoch unmittelbar und beliebig jede Größe sofort durch eine höhere Datendetaillierung, Funktionsdarstellung oder logische Verknüpfung ersetzen und abbilden.

4.2.2 Übersetzung der Kundenanforderung ins Modulsystem

Ist das Fertigungssystem sowie das zu beplanende Produkt in ausreichendem Maße im Ressourcenplanungssystem abgebildet, kann ein kundenindividueller Auftrag eingeplant werden. Hierzu ist vom jeweiligen Benutzer, also dem Kunden selbst, einem Vertriebsmitarbeiter oder auch dem Prozessplaner, der Auftrag entsprechend der vom Kunden vorgegebenen Ausprägung im System zu erzeugen. In dem gewählten Beispiel hat der Kunde ein Produkt ausgewählt, das auf einem Tiefkühlhering basiert, in Filets geschnitten werden soll, in einem gezuckerten Enzymbad ausreift und mit Öl mariniert wird. Darüber hinaus möchte der Kunde diese Filets in arrangierter Weise in einer Konserve abgelegt wissen (siehe auch Abbildung 41).

5 Zusammenfassung

5.1 Überblick

Die kundenindividuelle Massenfertigung ist als Marktphänomen zwar bereits durchaus bekannt und es wurden schon einige erfolgreiche Unternehmensstrategien von diesem Konzept abgeleitet. Dennoch ist dieses Paradigma noch weit davon entfernt, ein globaler Standard zu sein, so SCHENK & SEELMANN-EGGEBERT (2002, S. 1). Der wichtigste Hinderungsgrund sei, dass es zu komplex sei, ein solches Fertigungskonzept einzuführen, gerade für eine bereits existierende Massen- oder Serienfertigung. In einzelnen Branchen dagegen, wie der Automobil-, Bekleidungs- oder Lebensmittelindustrie, gelingt bereits seit Längerem eine variantenreiche, kundenindividuelle Fertigung.

Daher wurden in der Forschung schon diverse, zum Teil auch Insellösungen betreffende Aspekte der variantenreichen Fertigung untersucht. Ziel bei diesen Ansätzen war es jeweils, die Anforderungen der variantenreichen Fertigung zu veranschaulichen und der Planung greifbar zur Verfügung zu stellen (SCHMIDT 2002). Eine Ressourcenplanungsmethode, welche die Herausforderungen der individualisierbaren Produkte, wie der wandelbaren Fertigung, aufnimmt und auch Branchen zur Verfügung stellt wie dem mittelständischen Maschinenbau, dessen Stärke gerade in der Bedienung kundenspezifischer Problemlösungen liegt (WÜPPING 2001, S. 152), stand bis dato aus.

Daher wurde vorliegend eine Methode vorgeschlagen, mit der sowohl die Varianten von Produkt und Fertigung wie auch die in diesem Spannungsfeld entstehende Komplexität aufgenommen und planerisch umgesetzt werden können. Sie ist geeignet für Großunternehmen, aber auch für kleinere und mittlere Unternehmen mit limitierten Ressourcen. Diese Methode wurde schließlich in einem funktionierenden Demonstrator umgesetzt und im praxisnahen Test überprüft.

5.2 Anforderungen der variantenreichen Produktion an die Ressourcenplanung

War es bis vor wenigen Jahren ausreichend, weitestgehend standardisierte Produkte anzubieten, so hat sich mittlerweile der Käufermarkt so weit gewan-

Literaturverzeichnis

A

ANDERSON 1997

Anderson, D. M.: Agile product development for mass customization: how to develop and deliver products for mass customization, niche markets, JIT, build-to-order and flexible manufacturing. Chicago: Irwin, 1997.

AUST 1990

Aust, B.: Ein Bewertungsverfahren für die Produktionsplanung bei auftragsorientierter Werkstattfertigung. Göttingen: Univ. Göttingen, 1990.

B

BARON-PUDA 2002

Baron-Puda, M.: Modelling and Simulation of the Labour Cost in Unit and Small Batch Production. <<http://fstroj.utc.sk/journal/eng/papers.html>> (15.08.2006).

BICHLER ET AL. 1992

Bichler, K.; Kalker, P.; Wilken, E.: Logistikorientiertes PPS-System: Konzeption, Entwicklung und Realisierung [CIM und PPS, Basisdaten, Ressourcenplanung und Auftragsnetze, Auftragsdisposition, Fertigungssteuerung, Werkstattsteuerung, Betriebsdatenerfassung]. Wiesbaden: Gabler, 1992.

BLECKER & KALUZA 2004

Blecker, T.; Kaluza, B.: Heterarchische Hierarchie: Ein Organisationsprinzip flexibler Produktionssysteme. In: Wildemann, H. (Hrsg.): Personal und Organisation. München: TCW-Verlag, 2004.

BLECKER ET AL. 2003

Blecker, T.; Abdelkafi, N.; Kaluza, B. et al.: Key Metrics System for Variety Steering in Mass Customization. In Piller, F. T.; Reichwald, R.; Tseng, M. (Hrsg.): Competitive Advantage Through Customer Interaction. Proceedings of the 2nd Interdisciplinary World Congress on Mass Customization and Personalization. MCPC'03, München, 6-8. Oktober 2003. München: TU München, 2003.

Z

ZÄH & AULL 2004

Zäh, M. F.; Aull, F.: Konzept Minifabrik – Die Zukunft effizienter Produktion. In: Zäh, Michael (Hrsg.): Fabrikplanung 2004: Erfolgsfaktor im Wettbewerb : Erfahrungen, Werkzeuge, Visionen. Chemnitz: Utz, 2004,

ZÄH & AULL 2006

Zäh, M. F.; Aull, F.: Lean Production-Methoden und Interdependenzen. In: wt Werkstattstechnik online Jahrgang Jahrgang 96 (2006) H. 9, S. 683-687.

ZÄH & RASHIDY 2006

Zäh, M. F.; Rashidy, H.: Automatisierte Qualitätsregelkreise im Karosseriebau. In: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 96 (2006) H. 9, S. 597-601.

ZÄH ET AL. 2006A

Zäh, M. F.; Rimpau, C.; Wiedemann, M.; Wiesbeck, M.: Prozessgestaltung für die kundenindividuelle Auftragsabwicklung. In: Zäh, M. F. et al. (Hrsg.): Produktionsmanagement - Herausforderung Variantenmanagement. München: Utz 2006, S. 1/1-1/22.

ZÄH ET AL. 2006B

Zäh, M. F.; Lau, C.; Gyger, T.: Dynamische Abläufe in der Produktionssteuerung. In: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 96 (2006) H. 9, S. 645-649.

ZÄH ET AL. 2006C

Zäh, M. F.; Rimpau, C.; Wiedemann, M. et al.: Geschäftsprozess-modellierung für die kundenindividuelle Auftragsabwicklung. In: wt Werkstattstechnik online Jahrgang 96 (2006) H. 9, S. 676-682

ZÄPFEL & BRAUNE 2005

Zäpfel, G.; Braune, R.: Moderne Heuristiken der Produktionsplanung: am Beispiel der Maschinenbelegung. München: Vahlen, 2005.

ZHAN 1991

Zhan, J.: Heuristische Ressourcenplanung in MPM-Netzplänen mit beschränkter Kapazität. Karlsruhe: Univ. Karlsruhe (TH), 1991.

Anhang

Genutzte Softwareprodukte

Microsoft Access 2003[®]

Microsoft Powerpoint 2003[®]

Enterprise Application Integration-Software

Microsoft, Corp.

One Microsoft Way

Redmond, WA 98052

USA

Deutsche Niederlassung:

Microsoft Deutschland GmbH

Konrad-Zuse-Straße 1

85716 Unterschleißheim

<<http://www.microsoft.de>>

Eine technische Dokumentation des in Microsoft Access 2003[®] erstellten Demonstrators der Methode zur Ressourcenplanung im variantenreichen Fertigungsumfeld kann vom Autor unter der Adresse

mathias.moertl@gmx.de

bezogen werden.

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 *Witbe, 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 3-540-54078-8
- 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 *Glaas, 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
Harthbearbeitung**
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.*
Systemik 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 *Lindermaier, 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.*
Erfahrungsgleitetete 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 **Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten · ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten · ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten · ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätssteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
95 Seiten · ISBN 3-931327-37-X
- 38 **Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**
128 Seiten · ISBN 3-931327-38-8
- 39 **Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**
130 Seiten · ISBN 3-931327-39-6
- 40 **Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - 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 kompetenzorientierten 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 Ehrenstraßeer
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 Verfabrbewegungen
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