

Michael Spitzweg

**Methode und Konzept für den Einsatz eines  
physikalischen Modells in der Entwicklung  
von Produktionsanlagen**



Herbert Utz Verlag · München

## **Forschungsberichte IWB**

Band 233

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2009

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 · 2009

ISBN 978-3-8316-0931-4

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

# Geleitwort der Herausgeber

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung, denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren sowie von Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozess spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Entwicklung von Produktionssystemen über deren Planung bis hin zu den eingesetzten Technologien in den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb* Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

*Gunther Reinhart*

*Michael Zäh*

# Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der Technischen Universität München.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh und Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, den Leitern dieses Instituts, gilt mein besonderer Dank für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner, dem Leiter des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München, möchte ich mich für die Übernahme des Korreferates und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts sowie allen Studenten, die mich bei der Erstellung meiner Arbeit unterstützt haben, recht herzlich. Ein besonderer Dank gilt hierbei Frédéric-Felix Lacour, der die Arbeiten im Bereich der Physiksimulation für Produktionsanlagen mit Sicherheit erfolgreich weiterführen wird.

Ebenso danke ich meinen Eltern und meiner Schwester, die mich vorbildlich unterstützt und stets zum Anfertigen dieser Arbeit motiviert haben. Einen ganz besonderen Platz in meinem Herzen nimmt meine Frau Theresa ein, die mir durch ihr großes Verständnis für meine Arbeit in jeder Situation zur Seite steht.

München, im August 2009

*Michael Spitzweg*

# Verzeichnisse

## Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnisse</b> .....	<b>I</b>
Inhaltsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	VII
Abkürzungsverzeichnis .....	XI
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit .....	4
1.3 Vorgehensweise.....	5
<b>2 Situationsanalyse</b> .....	<b>7</b>
2.1 Begriffsbestimmung .....	7
2.1.1 Vorbemerkung.....	7
2.1.2 Echtzeit.....	7
2.1.3 Simulationsmodell.....	7
2.1.4 Verhaltensmodell .....	8
2.1.5 Verhaltenssimulation.....	9
2.1.6 Kinematikmodell.....	9
2.1.7 Kinematiksimulation .....	9
2.1.8 Materialflussmodell.....	9
2.1.9 Visualisierungsmodell.....	10
2.1.10 Physikmodell.....	10

2.1.11	Physics Engine .....	10
2.1.12	Physiksimulation .....	10
2.1.13	Starrkörpersimulation.....	11
2.2	Aufgaben und Ablauf der virtuellen Inbetriebnahme .....	11
2.3	Defizite und Handlungsfelder .....	13
<b>3</b>	<b>Grundlagen und Stand der Technik.....</b>	<b>17</b>
3.1	Allgemeines.....	17
3.2	Virtuelle Inbetriebnahme.....	17
3.2.1	Grundlagen.....	17
3.2.2	Software-in-the-Loop.....	19
3.2.3	Hardware-in-the-Loop.....	19
3.2.4	Modellbildung für eine virtuelle Inbetriebnahme .....	20
3.2.5	Zusammenfassung.....	22
3.3	Physiksimulation .....	23
3.3.1	Allgemeines.....	23
3.3.2	Kollisionserkennung .....	25
3.3.3	Strategien zur Komplexitätsreduzierung.....	26
3.3.4	Berechnung der Kollisionsinformation .....	34
	Kollisionsbehandlung mithilfe der Starrkörpersimulation .....	37
3.3.5	Bibliotheken für die Starrkörpersimulation .....	44
3.3.6	Simulationsumgebungen mit Starrkörpersimulation .....	47
3.3.7	Zusammenfassung.....	49
3.4	Virtual-Reality-Technologie .....	50

3.4.1	Allgemeines.....	50
3.4.2	Eingabe.....	52
3.4.3	Ausgabe.....	58
3.4.4	Zusammenfassung.....	61
3.5	Zusammenfassung der Grundlagen und des Stands der Technik.....	62
<b>4</b>	<b>Anforderungsanalyse .....</b>	<b>63</b>
4.1	Allgemeines.....	63
4.2	Methodische Anforderungen.....	63
4.3	Technische Anforderungen .....	65
4.3.1	Physiksimulation.....	65
4.3.2	Integration der Sensoren .....	65
4.3.3	Integration von Gelenken.....	66
4.3.4	Simulationszyklus .....	66
4.3.5	Schnittstellen.....	67
4.3.6	Skalierbare Lösung.....	67
4.3.7	Konfigurierbarkeit der Simulationsszene.....	67
4.3.8	Interaktion .....	68
4.4	Bewertung der Anforderungen.....	68
<b>5</b>	<b>Konzept und Systementwurf.....</b>	<b>71</b>
5.1	Allgemeines.....	71
5.2	Modellerstellung.....	71
5.2.1	Erstellung des Visualisierungsmodells .....	71
5.2.2	Erstellung des Physik- und Kinematikmodells .....	73

5.2.3	Integration von Sensoren.....	75
5.3	Simulationsumgebung mit Physikmodellen.....	76
5.3.1	Konfiguration.....	76
5.3.2	Parallelisierung.....	77
5.3.3	Auswahl von Kollisionserkennung und -behandlung.....	79
5.4	Eingabe.....	80
5.5	Ausgabe.....	82
5.6	Zusammenfassung.....	83
<b>6</b>	<b>Umsetzung und beispielhafte Anwendung.....</b>	<b>85</b>
6.1	Allgemeines.....	85
6.2	Gestaltung und Aufbau der Systemarchitektur.....	85
6.2.1	Allgemeines.....	85
6.2.2	Modulare Struktur.....	86
6.2.3	Klassendiagramm.....	88
6.2.4	Konfiguration.....	90
6.2.5	Physiksimulation in Ve <sup>3</sup> .....	95
6.2.6	Externe Kommunikation.....	97
6.3	Eingabe.....	98
6.3.1	Navigation.....	99
6.3.2	Selektion.....	100
6.3.3	Manipulation.....	100
6.3.4	Applikationssteuerung.....	101
6.4	Ausgabe.....	101



6.5	Realisierung des Hardwareaufbaus .....	101
6.6	Exemplarische Anwendung.....	104
6.6.1	Allgemeines.....	104
6.6.2	Erstellung des Visualisierungsmodells .....	106
6.6.3	Erstellung des Physik- und Kinematikmodells .....	108
6.6.4	Integration der Sensoren .....	109
6.6.5	Beschreibung des Verhaltensmodells und der Kommunikation mit dem Simulationsrechner Ve <sup>3</sup> .....	110
6.6.6	Simulation .....	112
6.6.7	Ergebnisse .....	117
<b>7</b>	<b>Nutzenpotenziale und Bewertung .....</b>	<b>119</b>
7.1	Allgemeines.....	119
7.2	Nutzenpotenziale .....	119
7.2.1	Vertrieb und Projektierung.....	119
7.2.2	Entwicklung und Inbetriebnahme .....	119
7.2.3	Produktion .....	120
7.2.4	Schulung.....	120
7.3	Technologische Bewertung .....	121
7.4	Wirtschaftliche Bewertung.....	123
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>127</b>
<b>9</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>129</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>139</b>
10.1	Formelverzeichnis .....	139

## Verzeichnisse

---

10.2 Herstellerverzeichnis .....	140
----------------------------------	-----

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1-1: Gliederung und Aufbau der Arbeit.....</i>	<i>5</i>
<i>Abbildung 2-1: Aufbau eines Simulationsmodells für die virtuelle Inbetriebnahme ....</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 2-2: Skizzierung der einzelnen Phasen der virtuellen Inbetriebnahme .....</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 3-1: Systemaufbau für den SIL- und HIL-Ansatz der virtuellen Inbetriebnahme .....</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 3-2: Beschreibung des dynamischen Verhaltens nach LENNERZ 2002 .....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 3-3: Zeitlicher Ablauf der Physiksimulation mit den beiden Phasen Kollisionserkennung und Kollisionsbehandlung .....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 3-4: Einteilung von 3-D-Modellen nach Lin &amp; Gottschalk 1998.....</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 3-5: Gleichmäßige Raumaufteilung.....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 3-6: Schematische Darstellung der Raumaufteilung mithilfe eines Oktonärbaumes .....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 3-7: Schrittweiser Aufbau eines BSP-Baumes durch Binary-Space-Partition .....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 3-8: Verschiedene Hüllkörper zur schnelleren Kollisionserkennung .....</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 3-9: Kollisionsüberprüfung bei AABBs durch Projektion auf die Koordinatenachsen (Vereinfachte 2-D-Darstellung).....</i>	<i>31</i>
<i>Abbildung 3-10: Beispiel einer unmöglichen Kollisionsüberprüfung bei OBBs durch Projektion auf die Koordinatenachsen (Vereinfachte 2-D-Darstellung) .....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 3-11: Verwendung des Separating-Axis-Theorems für die Kollisionsüberprüfung bei OBBs .....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 3-12: 2-D-Beispiel für Closest-feature-Algorithmus unter Verwendung der Voronoi-Region.....</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 3-13: Voronoi-Regionen von Polyedern für die Features Punkt, Kante und Seitenfläche nach Mirtich 1998a am Beispiel eines Würfels.....</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 3-14: Definition eines Starrkörpers als System von Massepunkten mit konstantem Abstand <math>r_{ij}</math> aller Punktepaare nach Goldstein et al. 2002.....</i>	<i>39</i>

## Verzeichnisse

---

<i>Abbildung 3-15: Wichtige Gelenkarten für die Simulation von Starrkörpern; ein Scharniergelenk mit einem Freiheitsgrad, ein Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden und ein Schiebegelenk mit einem Freiheitsgrad</i> .....	40
<i>Abbildung 3-16: Beschreibung eines Simulationszyklus bei der Starrkörper-simulation nach Parent 2002</i> .....	41
<i>Abbildung 3-17: 2-D-Ansicht einer Kontaktsituation bei der Kollisionauflösung durch analytische Verfahren; links eine Kollision und rechts ein anhaltender Kontakt zwischen den Objekten A und B (vgl. Eberly 2004, S. 241)</i> .....	43
<i>Abbildung 3-18: Skalierbares Engineering – Kombination von VR-Technologien durch die Anreicherung mit Ergebnissen aus anderen Simulationswerkzeugen (vgl. Aurich et al. 2007)</i> .....	51
<i>Abbildung 3-19: Translatorische und rotatorische Freiheitsgrade eines Objektes im virtuellen Raum (vgl. Burdea &amp; Coiffet 2003 S. 17)</i> .....	52
<i>Abbildung 3-20: Datenhandschuh CyberGlove® mit Exoskelett CyberGrasp™ für die Erfassung von 22 Freiheitsgraden der Hand mit Krafrückgabe auf die Finger des Benutzers (Quelle: Immersion Corporation)</i> .....	56
<i>Abbildung 4-1: Zusammensetzung der für ein Physikmodell benötigten Daten und die Möglichkeiten der Automatisierung der Modellerstellung</i> .....	64
<i>Abbildung 5-1: Vierstufiges Verfahren zur Erstellung eines Visualisierungsmodells für den Einsatz in einer Simulationsumgebung mit Physikmodellen</i> .	72
<i>Abbildung 5-2: Erstellung des Physik- und Kinematikmodells, aufbauend auf dem simplifizierten Geometriemodell des vorhergehenden Abschnitts</i> .....	74
<i>Abbildung 5-3: Reflexionslichtschranke – Sender und Empfänger (1) sind in einem Gehäuse verbaut, der Lichtstrahl wird durch einen Reflektor (2) zurückgelenkt</i> .....	75
<i>Abbildung 5-4: Beispielhafte Integration einer doppelten Reflexions-lichtschranke als Kollisionsobjekt in der Simulation</i> .....	76
<i>Abbildung 5-5: Beschreibung eines Objektes – Definition der Objekteigenschaften</i> .	77
<i>Abbildung 5-6: Parallelisierung der Systemprozesse</i> .....	78
<i>Abbildung 5-7: 3-D-Navigation in der Simulationsumgebung zur Analyse der Produktionsanlage</i> .....	81
<i>Abbildung 6-1: Systemarchitektur der Simulationsplattform Virtual Engineering Environment Extended (Ve<sup>3</sup>)</i> .....	86
<i>Abbildung 6-2: UML-Klassendiagramm der wichtigsten Klassen der einzelnen Module von Ve<sup>3</sup></i> .....	89

---

<i>Abbildung 6-3: Konfiguration der Simulationsumgebung mit XML-Struktur (Auszug des XML-Schemas).....</i>	<i>91</i>
<i>Abbildung 6-4: Komponenten der Konfiguration einer Simulationsszene.....</i>	<i>92</i>
<i>Abbildung 6-5: XML-Struktur der Konfigurationsdatei physics.xsd für die physikalischen Eigenschaften, Gliederung in bodies und joints.....</i>	<i>93</i>
<i>Abbildung 6-6: XML-Struktur der Konfigurationsdatei physics.xsd für die physikalischen Eigenschaften, Beschreibung body.....</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 6-7: XML-Struktur der Konfigurationsdatei physics.xsd für die physikalischen Eigenschaften, Beschreibung joint.....</i>	<i>95</i>
<i>Abbildung 6-8: UML-Klassendiagramm für die Abbildung der Simulationsobjekte (vgl. EGERMEIER 2008).....</i>	<i>97</i>
<i>Abbildung 6-9: Trackbares Gamepad zur Interaktion.....</i>	<i>98</i>
<i>Abbildung 6-10: Belegung der analogen Joysticks für die Navigation durch die Simulationsszene.....</i>	<i>99</i>
<i>Abbildung 6-11: Struktur des Teststandes.....</i>	<i>102</i>
<i>Abbildung 6-12: Beispielhafte Sortierstation mit vier Transportbändern, zwei Lichtschranken, einem Ausschieber und einem Auffangbehälter ....</i>	<i>105</i>
<i>Abbildung 6-13: Simplifizierung des triangulierten Modells der Produktionsanlage</i>	<i>107</i>
<i>Abbildung 6-14: XML-Beschreibung der für die Physiksimulation notwendigen Parameter des Ausschiebers.....</i>	<i>108</i>
<i>Abbildung 6-15: XML-Beschreibung der Kinematik des Ausschiebers für die Physiksimulation.....</i>	<i>109</i>
<i>Abbildung 6-16: Physikalische XML-Beschreibung eines Sensors.....</i>	<i>110</i>
<i>Abbildung 6-17: XML-Beschreibung des Remote-Objektes eines Sensors.....</i>	<i>110</i>
<i>Abbildung 6-18: Bedienoberfläche des Verhaltensmodells in der Simulationssoftware WinMOD®.....</i>	<i>111</i>
<i>Abbildung 6-19: Bilderserie eines Teilausschnitts der Simulation – Materialflusstau und Umschichten zwischen zwei Förderbändern durch Leitbleche.....</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 6-20: Bilderserie eines Teilausschnitts der Simulation – Abschieben eines Teils.....</i>	<i>115</i>
<i>Abbildung 6-21: Bilderserie eines Teilausschnitts der Simulation – Transport von Teilen über eine schräge Rutsche.....</i>	<i>116</i>

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

„Die sicherste Grundlage einer Produktion ist die Qualität. Danach und eine große Strecke weiter kommen die Produktionskosten.“

Andrew Carnegie (1835-1919) erkannte schon vor langer Zeit, was auch heute noch gilt: Qualität ist ein wichtiger Faktor in der Produktion und in unserer Zeit auch häufig ein entscheidender Standortfaktor. Die Qualität des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus ist weit über die Grenzen der Bundesrepublik anerkannt und sichert wichtige Arbeitsplätze in Deutschland. Oftmals verhindert nur der über Jahrzehnte erlangte Ruf von Qualität und Zuverlässigkeit eine Verlagerung von Produktionsstätten in so genannte Niedriglohnländer.

Es gilt deshalb, diesem Qualitätsanspruch gerecht zu werden. Kurze Lieferzeiten, ausgereifte Produkte und termintreue Lieferung und Inbetriebnahme sind hierfür wichtige Faktoren. Vor allem durch eine schnelle Inbetriebnahme und einen planmäßigen Produktionsanlauf kann der Kunde von der Qualität der gekauften Produktionsanlage überzeugt werden. Darüber hinaus sind Verzögerungen bei der Inbetriebnahme auch für den Hersteller sehr kostenintensiv. Gerade in diesem Zeitraum muss in der Regel ein großer Teil der Herstellungskosten vorfinanziert und somit sehr viel Geld für Zinsen aufgewendet werden. Bei einer Verzögerung eines Projektes aufgrund von Fehlern, die erst bei der Inbetriebnahme gefunden werden, kann durch die Zinsaufwendungen der kalkulierte Gewinn deutlich gemindert bzw. sogar in einen Verlust gewandelt werden.

Aus diesen Gründen wird mittlerweile ein großer Aufwand betrieben, um das Risiko der Inbetriebnahme, von deren Tätigkeiten ca. 90 % auf die Elektrik und Steuerungstechnik entfallen (EVERSHEIM 1990), abzusichern. Dies wird vor allem durch Simulation erreicht, mit der möglichst viele Fehlerfälle nachgestellt werden, um so Ausfälle der Maschine oder Anlage ausschließen zu können. Im Mittelpunkt der Simulation steht meist die Steuerungssoftware. Studien haben gezeigt, dass 70 % der Inbetriebnahmezeit für die Beseitigung von Softwarefehlern in der Steuerungstechnik aufgewendet werden müssen (VDW-BERICHT 1997, SPATH & LANDWEHR 2000). Um die Steuerungssoftware vor der eigentlichen Inbetriebnahme testen zu können, wird seit kurzer Zeit eine virtuelle Inbetriebnahme, bei der die Steuerungssoftware an einem Simulationsmodell getestet

wird, als Projektphase bei den Herstellern von Maschinen und Anlagen sehr erfolgreich eingeführt: Dieser Erfolg ist auf die „frühzeitige Fehlererkennung und Optimierung der einzelnen steuerungstechnischen Komponenten“ (PRITSCHOW 2002) zurückzuführen.

Mit der virtuellen Inbetriebnahme kann die Qualität der Software deutlich gesteigert und zugleich die Inbetriebnahmezeit verkürzt werden. Der Aufwand für eine virtuelle Inbetriebnahme ist jedoch nicht zu unterschätzen und stellt die Wirtschaftlichkeit meist in Frage. Besonders arbeitsaufwendig ist die Anfertigung des virtuellen Modells, mit dem die Steuerungssoftware getestet werden soll. Dies liegt daran, dass die Modelle in der Regel von Hand entwickelt werden müssen und nur selten Teile aus alten Inbetriebnahmeprojekten, und dann auch nur teilweise, kopiert werden können.

Die virtuelle Inbetriebnahme von Anlagen ist bislang nicht so verbreitet wie die virtuelle Inbetriebnahme von Maschinen. Dies resultiert zum einen aus der Historie dieses Ansatzes, zum anderen liegt es an der Komplexität der Simulationsmodelle. Diese sind für Anlagen ungleich komplizierter, da für die Simulation des Materialflusses ein zusätzliches Simulationsmodell erstellt werden muss. Bislang werden hierzu Planungstools verwendet, die einen logischen Materialfluss abbilden können, der jedoch nicht auf den Geometrien der Anlage oder der Werkstücke beruht und somit die Aussagekraft der Simulation einschränkt. Fragen, wie z. B. ob bei einem Materialflusstau ein Verklemmungszustand auftritt, bleiben unbeantwortet.

Mit der virtuellen Inbetriebnahme können Fehler frühzeitig in der Steuerungssoftware gefunden werden, die ansonsten erst vor Ort beim Kunden nach Aufbau der Maschine oder Anlage entdeckt werden würden. Ferner lassen sich mit der virtuellen Inbetriebnahme auch Fehlerfälle nachstellen, die viel später, also erst im laufenden Betrieb der Maschine oder Anlage, zu Ausfällen oder sogar zu teuren Schäden an der Produktionsanlage führen können. Somit kann die Softwarequalität deutlich gesteigert werden (MEWES 2005, STETTER 2005, 2006a, 2006b). Es stellt sich jedoch die Frage, ob es nicht möglich ist, die Fehler bereits bei der Entwicklung finden zu können oder noch besser die Fehler von vorneherein zu verhindern, denn je später ein Fehler gefunden wird, desto teurer ist seine Beseitigung (ZÄH et al. 2004b). Daher gibt es die Bestrebung, eine so genannte *integrierte Entwicklung und Konstruktion* zu realisieren, bei der die Softwareentwicklung, die bisher erst nach Abschluss der mechanischen und elektrischen Konstruktion bzw. in manchen Unternehmen erst vor Ort auf der Baustelle ihre

Arbeit aufnahm, schon von Entwicklungsbeginn an eingebunden ist (BENDER et al. 2005b). Voraussetzung hierfür ist, dass zu jeder Zeit im Entwicklungsprozess ein Simulationsmodell zur Verfügung steht, mit dem die Entwickler Softwaretests durchführen können. Um die Integrität zwischen der zu testenden Software und der Simulationsmodelle zu gewährleisten, müssen im Laufe der Entwicklung mehrfach Simulationsmodelle erstellt werden. Der Aufwand für eine manuelle Anfertigung der Modelle ist sehr hoch und für eine *integrierte Entwicklung und Konstruktion* nicht wirtschaftlich. Die Automatisierung der Modellerstellung ist deshalb eine Grundvoraussetzung.

Die Entwicklung der Simulationsmodelle ist somit ein zentraler Punkt für den Erfolg eines integrierten Konstruktions- und Entwicklungsprozesses. Zum einen ist es aus wirtschaftlicher Sicht wichtig, den Aufwand für die Modellerstellung so gering wie möglich zu halten, zum anderen müssen für eine aussagekräftige Simulation die Modelle so detailgetreu wie möglich gestaltet werden. Bislang werden Simulationsmodelle von Hand erstellt, d. h. ein Experte entwickelt aus den Unterlagen der Maschine oder Anlage, in der Regel aus der Spezifikation, ein detailgetreues Simulationsmodell für die Maschine oder Anlage. Selbstverständlich kann bei ähnlichen Maschinen oder Anlagen auf bestehende Simulationsmodelle als Vorlage zurückgegriffen und es können Teile davon übernommen werden. Auf lange Sicht ist zu empfehlen, ein Baukastensystem von Simulationsmodellen anzulegen, um den Prozess der manuellen Modellbildung zu beschleunigen.

Für eine automatisierte Modellerstellung ist die Verwaltung der notwendigen Daten von entscheidender Bedeutung, denn es werden dazu sehr detaillierte Informationen über die Maschine oder Anlage bzw. über die verbauten Komponenten benötigt. In den Unternehmen wird für die Verwaltung der Daten in der Regel eine Software für das Produktdatenmanagement (PDM) eingesetzt, die sich aus Computer-Aided-Design-Systemen (CAD-Systemen) aufgrund der immer weiter steigenden Produktdatenmenge entwickelt hat. Für das PDM und das CAD finden sich sehr viele und sehr unterschiedliche Produkte, so dass von einer heterogenen Systemlandschaft gesprochen werden kann. Es gibt mittlerweile das Bestreben, Zulieferer von Komponenten zur Übergabe von Simulationsdaten oder sogar von speziellen Simulationsmodellen zu den gelieferten Komponenten zu verpflichten, um die Modellbildung für die Simulation möglichst einfach und aufwandsarm umsetzen zu können. Voraussetzung hierfür ist, die Austauschbarkeit der Daten und Modelle gewährleisten zu können. Aus diesem Grund wurden



in letzter Zeit Datenmanagement-Tools weiterentwickelt und diesen Anforderungen angepasst. Mithilfe dieser neuen Generation von Datenmanagementtools könnte schon bald eine automatisierte oder wenigstens teilautomatisierte Modell-erstellung für Simulationen umgesetzt und somit ein wichtiger Schritt in Richtung eines integrierten Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses vollzogen werden.

### 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Einen integrierten Entwicklungs- und Konstruktionsprozess bei Maschinen- und Anlagenbauunternehmen erfolgreich umzusetzen, ist eine große Herausforderung, die jedoch sowohl den Anwendern als auch den Herstellern deutlich Zeit und somit Kosten sparen helfen kann. Voraussetzung für den Erfolg ist eine schnelle und aufwandsarme Erzeugung der Simulationsmodelle, um schon frühzeitig Softwaretests durchführen zu können.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methode für die Erstellung von Physikmodellen zur Simulation von Maschinen und Anlagen im Rahmen eines integrierten Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses. Das vorzustellende Konzept wird anschließend an einem Anwendungsbeispiel prototypisch umgesetzt. Hierbei wird gezeigt, wie der Materialfluss einer Anlage mithilfe einer Physiksimulation realitätsnah abgebildet und somit die Aussagekraft der Simulation gesteigert werden kann. Außerdem wird erläutert, wie Physikmodelle aus Datenmanagementsystemen exportiert und aufbereitet werden können, womit die Modellerstellung für einen integrierten Entwicklungs- und Konstruktionsprozess vereinfacht werden kann.

Im Fokus dieser Arbeit steht die Simulation von Maschinen und Anlagen, die mit Automatisierungslösungen unter Verwendung von so genannten Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) ausgestattet sind, die im Millisekundenbereich (z. B. 10 ms) getaktet sind. Auch die Simulation muss diesem Anspruch genügen, damit die Ergebnisse korrekt berechnet werden können. Daher wird in dieser Arbeit auf eine fotorealistische Darstellung der virtuellen Maschine oder Anlage verzichtet, da diese wertvolle Rechenkapazität beanspruchen und keinen Mehrwert für die Simulation bringen würde.

Diese Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, die Simulationsmöglichkeiten für den Maschinen- und Anlagenbau zu erweitern, um so die Qualität der Steuer-

rungssoftware und der Produktionsanlage verbessern zu können. Anhand dieser Arbeit soll der technologische und wirtschaftliche Nutzen des Einsatzes von Physikmodellen für den integrierten Entwicklungs- und Konstruktionsprozess gegenüber dem herkömmlichen Vorgehen aufgezeigt werden.

### 1.3 Vorgehensweise

Für die Umsetzung der beschriebenen Ziele wird folgendermaßen vorgegangen (siehe Abbildung 1-1):

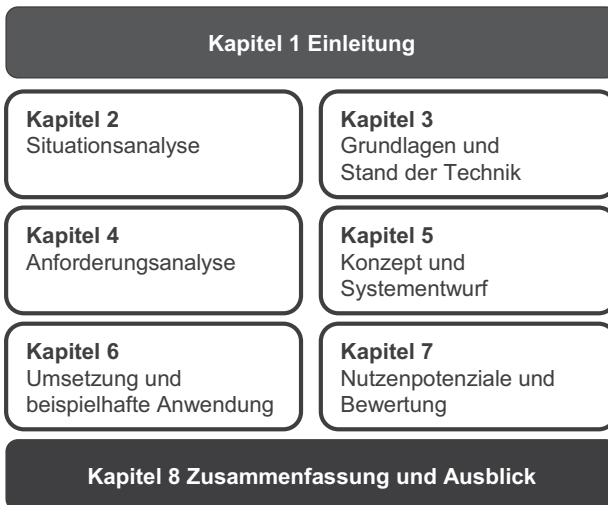


Abbildung 1-1: Gliederung und Aufbau der Arbeit

Nach der kurzen Einleitung erfolgt in **Kapitel 2** zunächst eine Begriffsbestimmung. Außerdem wird der Ablauf einer virtuellen Inbetriebnahme beschrieben. In diesem Abschnitt werden auch Defizite und Handlungsfelder dargestellt, die für einen erfolgreichen Einsatz von Physikmodellen in einem integrierten Entwicklungsprozess abgedeckt werden müssen. Das im Rahmen dieser Arbeit angefertigte Konzept basiert auf den Technologien der virtuellen Inbetriebnahme, der Physiksimulation und der Virtual-Reality (VR). Deshalb werden die Grundlagen und der Stand der Technik hierzu ausführlich in **Kapitel 3** vorgestellt. In **Kapitel 4** werden die Anforderungen an eine Simulationsumgebung, die mithilfe von Physikmodellen das Bewegungsverhalten und den Materialfluss der Maschi-

ne oder Anlage abbildet, konkretisiert. Dabei wird zwischen den methodischen und den technischen Anforderungen differenziert. **Kapitel 5** beschreibt das Konzept und den Systementwurf, um Physikmodelle generieren und in einer Simulationsumgebung nutzen zu können. Die Umsetzung der vorgestellten Methode wird in **Kapitel 6** detailliert erläutert. Darüber hinaus wird die Erprobung der Methode an einem Anwendungsbeispiel in diesem Kapitel gezeigt. Die Arbeit schließt mit einer technologischen und wirtschaftlichen Bewertung in **Kapitel 7** und einer Zusammenfassung und einem Ausblick in **Kapitel 8**.

# 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 *Barthelmaß, 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 *Grahe, A.*  
Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme  
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 *Fleise, K.*  
Klippsmontage mit Industrieroboter  
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 *Heuser, H.-J.*  
Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme  
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 *Kirchknopf, P.*  
Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen  
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 *Sauerer, Ch.*  
Beitrag für ein Zerspanprozessmodell Metallbandsägen  
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 *Karstadt, 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 *Wirtz, P.*  
Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik  
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 *Eitelshäuser, P.*  
Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung  
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 *Prasch, J.*  
Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie  
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 *Teich, K.*  
Prozesskommunikation und Rechnerverbund in der  
Produktion  
1990 · 52 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-52764-8
- 29 *Pfrang, W.*  
Rechnergestützte und graphische Planung manueller und  
teilautomatisierter Arbeitsplätze  
1990 · 59 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-52829-6
- 30 *Tauber, A.*  
Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente  
der Montageplanung  
1990 · 93 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-52911-X
- 31 *Jäger, A.*  
Systematische Planung komplexer Produktionssysteme  
1991 · 75 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-53021-5
- 32 *Herberger, H.*  
Wissensbasierte Simulation komplexer  
Produktionssysteme  
1991 · 58 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-53326-5
- 33 *Tuzsak, H.*  
Inspektion von Karosseriepfeilstellen auf Risse und  
Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung  
1992 · 125 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-53965-4
- 34 *Fischbacher, J.*  
Planungsstrategien zur störungstechnischen  
Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten  
1991 · 60 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-54027-X
- 35 *Moser, O.*  
3D-Echtzeitkollisionsschutz für Drehmaschinen  
1991 · 66 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-54076-8
- 36 *Näter, 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 3-540-54366-1
- 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 3-540-55200-0
- 44 *Petry, M.*  
Systematik zur Entwicklung eines modularen  
Programmabwicklers 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.*  
Prozeforschungen 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 *Wischner, 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 *Gleas, W.*  
Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung  
1992 · 67 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-55749-0
- 53 *Helml, 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 *Srohmeier, R.*  
Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von  
Zubringeinrichtungen  
1993 · 80 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-56662-X
- 61 *Glas, J.*  
Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer  
Zellenrechnersoftware  
1993 · 80 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56690-5
- 62 *Stetter, R.*  
Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur  
Effizienzsteigerung des Industrierobereinsatzes  
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1
- 63 *Dirdorf, 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 *Kummersteiner, G.*  
3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur  
Planung manueller Montagesysteme  
1994 · 62 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-57635-9
- 67 *Kugelmann, F.*  
Einsatz nachgebiger 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-  
Laserverarbeitung mit integrierter Sensorik  
1994 · 96 Abb. · 146 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 *Saeuber, 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  
Koordinationsystem 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 3-540-58040-0
- 74 *Zeitmeyer, 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 *Raith, 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 *Zwenzner, 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 *Kaltenberg, 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-Grahe, V.*  
Systematische Planung anwendungsspezifischer  
Materialflussteuerungen  
1995 · 94 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-58953-8
- 87 *Rockland, M.*  
Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in  
Montageanlagen  
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58999-6
- 88 *Linner, St.*  
Konzept einer integrierten Produktentwicklung  
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1
- 89 *Eder, Th.*  
Integrierte Planung von Informationssystemen für  
rechnergestützte Produktionssysteme  
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6
- 90 *Deuschle, 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. · 159 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Alberzt, F.*  
Dynamischer Entwurf von Werkzeugmaschinen -  
Gestellstrukturen  
1995 · 83 Abb. · 166 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. · 146 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 *Fischelsrieder, K.*  
Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion  
1996 · 74 Abb. · 171 Seiten · ISBN 3-540-61714-0
- 103 *Köhler, R.*  
Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen  
variantenreichen Kleinprodukten  
1997 · 62 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-62024-9
- 104 *Falkmann, Ch.*  
Eine Methode für die integrierte rechnergestützte  
Montageplanung  
1997 · 71 Abb. · 163 Seiten · ISBN 3-540-62059-1
- 105 *Lehmann, H.*  
Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch  
Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem  
1997 · 96 Abb. · 191 Seiten · ISBN 3-540-62202-0
- 106 *Wagner, M.*  
Steuerungintegrierte Fehlerbehandlung für  
maschinennahe Abläufe  
1997 · 94 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-62656-5
- 107 *Lorenzen, J.*  
Simulationsgestützte Kostenanalyse in  
produktorientierten Fertigungsstrukturen  
1997 · 63 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-62794-4
- 108 *Krönert, U.*  
Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitsuche  
und Standardisierung  
1997 · 53 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-63338-3
- 109 *Pfersdorf, I.*  
Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur  
Organisation des industriellen Service  
1997 · 74 Abb. · 172 Seiten · ISBN 3-540-63615-3
- 110 *Kuba, R.*  
Informations- und kommunikationstechnische  
Integration von Menschen in der Produktion  
1997 · 77 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-63642-0
- 111 *Kaiser, J.*  
Vernetztes Gestalten von Produkt und  
Produktionsprozess mit Produktmodellen  
1997 · 67 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-63999-3
- 112 *Geyer, M.*  
Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung  
ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und  
Arbeitssystemgestaltung  
1997 · 85 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-64195-5
- 113 *Martin, C.*  
Produktionsregelung - ein modularer, modellbasierter  
Ansatz  
1998 · 73 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-64401-6
- 114 *Löffler, Th.*  
Akustische Überwachung automatisierter Fügeprozesse  
1998 · 85 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-64511-X
- 115 *Lindermaier, R.*  
Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen  
1998 · 84 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-64686-8
- 116 *Koehler, J.*  
Prozessorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit  
Großserienfertigung  
1998 · 75 Abb. · 185 Seiten · ISBN 3-540-65037-7
- 117 *Schuller, R. W.*  
Leitfaden zum automatisierten Auftrag von  
hochviskosen Dichtmassen  
1999 · 76 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-65320-1
- 118 *Deluschewitz, 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.*  
Erfahrungsgeladene 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 3-931327-76-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**  
80 Seiten · ISBN 3-931327-77-9
- 8 **Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**  
130 Seiten · ISBN 3-931327-78-7
- 9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**  
120 Seiten · ISBN 3-931327-79-5
- 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 Dichtungsmontage 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 - Produktivitätsteigerung 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 Mikrobauteilen**  
125 Seiten · ISBN 3-89675-044-5
- 45 **Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**  
173 Seiten · ISBN 3-89675-045-3
- 46 **Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation**  
108 Seiten · ISBN 3-89675-046-1



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

# Forschungsberichte iwb

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

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

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

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

- 154 Wolfgang Rudorfer  
**Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke**  
 2001 · 207 Seiten · 89 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0037-6
- 155 Hans Meier  
**Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe**  
 2001 · 162 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0044-9
- 156 Gerhard Nowak  
**Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen**  
 2001 · 203 Seiten · 95 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0055-4
- 157 Martin Werner  
**Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen**  
 2001 · 191 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0058-9
- 158 Bernhard Lenz  
**Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung**  
 2001 · 150 Seiten · 47 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0094-5
- 159 Stefan Grunwald  
**Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung**  
 2002 · 206 Seiten · 80 Abb. · 25 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0095-3
- 160 Josef Gartner  
**Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen**  
 2002 · 165 Seiten · 74 Abb. · 21 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0096-1
- 161 Wolfgang Zeller  
**Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen**  
 2002 · 192 Seiten · 54 Abb. · 15 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0100-3
- 162 Michael Loferer  
**Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen**  
 2002 · 178 Seiten · 80 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0118-6
- 163 Jörg 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 Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen**  
 2002 · 164 Seiten · 89 Abb. · 27 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0174-7
- 170 Paul Jens Peter Ross  
**Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung**  
 2002 · 144 Seiten · 38 Abb. · 38 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0191-7
- 171 Stefan von Praun  
**Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess**  
 2002 · 250 Seiten · 62 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0202-6

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

- 189 Thomas Mosandl  
**Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme**  
 2005 · 182 Seiten · 58 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0471-1
- 190 Christian Patron  
**Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung**  
 2005 · 150 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0474-6
- 191 Robert Cisek  
**Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen**  
 2005 · 200 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0475-4
- 192 Florian Auer  
**Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen**  
 2005 · 160 Seiten · 65 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0485-1
- 193 Carsten Selke  
**Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung**  
 2005 · 137 Seiten · 53 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0495-9
- 194 Markus Seefried  
**Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern**  
 2005 · 216 Seiten · 82 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0503-3
- 195 Wolfgang Wagner  
**Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion**  
 2006 · 208 Seiten · 43 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0586-6
- 196 Christopher Ulrich  
**Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen**  
 2006 · 178 Seiten · 74 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0590-4
- 197 Johann Härtl  
**Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern**  
 2006 · 140 Seiten · 55 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0611-0
- 198 Bernd Hartmann  
**Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge**  
 2006 · 208 Seiten · 105 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0615-3
- 199 Michael Schilp  
**Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage**  
 2006 · 130 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0631-5
- 200 Florian Manfred Grätz  
**Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme**  
 2006 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0643-9
- 201 Dieter Eireiner  
**Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding**  
 2006 · 214 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0650-1
- 202 Gerhard Volkwein  
**Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation**  
 2007 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 Sven Roeren  
**Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse**  
 2007 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 Henning Rudolf  
**Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie**  
 2007 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 Stella Clarke-Griebisch  
**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 Schlickenrieder  
**Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile**  
 2008 · 204 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 Niklas Möller  
**Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme**  
 2008 · 260 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 Daniel Siedl  
**Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrbewegungen**  
 2008 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 Dirk Ansorge  
**Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen**  
 2008 · 146 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 Georg Wunsch  
**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
- 221 Tobias Hornfeck  
**Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie**  
 2008 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 Hans Egermeier  
**Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen**  
 2008 · 210 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 Matthäus Sigl  
**Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlsinterns**  
 2008 · 185 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0841-6

- 224 Mark Harfensteller  
**Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets**  
2009 · 196 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0849-8
- 225 Jochen Werner  
**Methode zur roboterbasierten förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie**  
2009 · 210 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 Florian Hagemann  
**Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen**  
2009 · 226 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 Haitham Rashidy  
**Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry**  
2009 · 212 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 Wolfgang Vogl  
**Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern**  
2009 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 Sonja Schedl  
**Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess**  
2009 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 Andreas Trautmann  
**Bifocal Hybrid Laser Welding – A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels**  
2009 · 268 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 Patrick Neise  
**Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models**  
2009 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 Christian Habicht  
**Einsatz und Auslegung zeitfensterbasierter Planungssysteme in überbetrieblichen Wertschöpfungsketten**  
2009 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 Michael Spitzweg  
**Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen**  
2009 · 180 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0931-4