Frédéric-Felix Lacour

Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen

Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 257

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2011

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 · 2012

ISBN 978-3-8316-4162-8

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... **I**

Abbildungsverzeichnis ..... **V**

Tabellenverzeichnis ..... **XI**

Abkürzungs- und Formelzeichenverzeichnis ..... **XIII**

1 Einleitung **1**

1.1 Ausgangssituation und Motivation 1

1.2 Zielsetzung der Arbeit 4

1.3 Aufbau der Arbeit 5

2 Grundlagen **9**

2.1 Begriffsbestimmungen 9

2.2 Automatisierungs- und produktionstechnische Grundlagen 11

2.2.1 Mechatronische Automatisierungssysteme 11

2.2.2 Materialflussintensive Produktionsanlagen 14

2.2.3 Der Lebenszyklus von Produktionsanlagen 16

2.2.4 Die Inbetriebnahme von Produktionsanlagen 19

2.3 Mathematische und computergraphische Grundlagen 21

2.3.1 Geometrische Modellbeschreibung 21

2.3.2 Zerlegung von affinen Transformationsmatrizen 24

2.3.3 Konvexe Zerlegung konkaver Dreiecksnetze 24

2.3.4 Computeranimation 26

2.4 Zusammenfassung 28

3 Stand der Erkenntnisse **31**

3.1 Physiksimulation 31

3.1.1 Allgemeines 31

3.1.2 Kollisionserkennung 32

3.1.3 Kollisionsbehandlung 33

3.1.4 Aktualisierung des Systemzustandes 35

3.2 Physikbasierte Kinematiksimulation 35

3.2.1 Überblick ... 35
3.2.2 Kontaktmodifikation ... 36
3.2.3 Simulation von Gelenken und Motoren ... 36
3.2.4 Kinematische Posensteuerung ... 37
3.2.5 Abbildung von Greifverfahren ... 39
3.3 Die Virtuelle Inbetriebnahme von Produktionsanlagen ... 40
3.3.1 Allgemeines und Definitionen ... 40
3.3.2 Der Ablauf der Virtuellen Inbetriebnahme ... 43
3.3.3 Hardware-in-the-Loop-Simulation ... 45
3.3.4 Software-in-the-Loop-Simulation ... 46
3.3.5 Hybride Inbetriebnahme ... 47
3.4 Die Simulation des anlageninternen Materialflusses ... 48
3.4.1 Allgemeines ... 48
3.4.2 Ansätze auf der Basis eines logischen Ersatzmodells ... 48
3.4.3 Ansätze auf der Basis eines Physikmodells ... 50
3.5 Handlungsbedarf ... 53
4 Anforderungsanalyse ... 57
4.1 Überblick und Allgemeines ... 57
4.2 Methodische Anforderungen ... 57
4.2.1 Phasenübergreifende Modellbildung und Simulation ... 57
4.2.2 Skalierbare Detaillierung ... 58
4.3 Technische Anforderungen ... 59
4.3.1 Modularisierung der Simulationsmodelle ... 59
4.3.2 Skalierbare Integration kinematischer Strukturen ... 59
4.3.3 Anwendungsbezogene Integration des Materialflusses ... 60
4.3.4 Skalierbare Detaillierung der Bauteilrepräsentation ... 60
4.4 Zusammenfassung ... 60

5 Konzepterstellung und Modellbildung ... 63
5.1 Überblick ... 63
5.2 Konzept und Architektur ... 63
5.3 Entwurfsmetaphern ... 64
5.3.1 Allgemeines ... 64
5.3.2 Vordefinierte Platzierung von Fördergut ... 65
5.3.3 Quellen und Senken ... 66
5.3.4 Puffer- und Speichersysteme ... 68
5.3.5 Abstrakte Verarbeitungsmaschinen ... 69
5.3.6 Zusammenfassung ... 71
5.4 Erstellung von Simulationsmodellen ... 72
5.4.1 Grundlegende Struktur der Modellerstellung ... 72
5.4.2 Vorverarbeitung der Bauteilgeometrie ... 74
5.4.3 Ableitung des Kollisionsmodells ... 80
5.4.4 Anreicherung um physikalische Parameter ... 89
5.4.5 Abbildung kinematischer Strukturen ... 90
5.5 Zusammenfassung ... 101
6 Umsetzung und Evaluierung der Methodik ... 103
6.1 Softwaretechnische Realisierung ... 103
6.1.1 Allgemeines ... 103
6.1.2 Systemarchitektur ... 103
6.1.3 Definition eines Datenschemas des Simulationsmodells ... 107
6.1.4 Spezifikation der Kommunikation zum Verhaltensmodell ... 110
6.2 Evaluierung anhand einer Transport- und Gruppieranlage ... 112
6.2.1 Allgemeines und Anlagenlayout ... 112
6.2.2 Auslegung der Anlage und Modellierung des Förderguts ... 114
6.2.3 Methodisches Vorgehen zur Modellbildung ... 115
6.2.4 Simulation ... 118

6.2.5 Fokussierung der Gruppierstation 120
6.2.6 Modellierung der Gruppierstation 121
6.3 Fazit 123
7 Technische und wirtschaftliche Bewertung 125
7.1 Überblick 125
7.2 Technische Bewertung 125
7.2.1 Verifikation anhand der Anforderungsanalyse 125
7.2.2 Nutzenpotenziale, Einschränkungen und Aufwände 128
7.3 Wirtschaftliche Bewertung 130
8 Schlussbetrachtung 135
8.1 Resümee 135
8.2 Ausblick 136
9 Literaturverzeichnis 141
10 Anhang: Genannte Softwareprodukte 177

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehensweise in der Arbeit 6

Abbildung 2: Grundstruktur mechatronischer Systeme in Anlehnung an die VDI 2206 12

Abbildung 3: Hierarchische Strukturierung von Automatisierungssystemen in der Automatisierungspyramide in Anlehnung an die DIN EN 62264 12

Abbildung 4: Der Lebenszyklus von Produktionssystemen nach WIENDAHL ET AL. (2002A) 17

Abbildung 5: Der Einsatz konventioneller Planungsmethoden und -werkzeuge führt zu einer zeitlich linearen Abarbeitung der Teilprozesse nach KIEFER (2007) 17

Abbildung 6: Durch den verstärkten Einsatz digitaler Planungsmethoden und -werkzeuge erreichtes Simultaneous Engineering nach KIEFER (2007) 18

Abbildung 7: Kategorisierung geometrischer Modellbeschreibungsformen nach LIN & GOTTSCHALK (1998) 21

Abbildung 8: Beispiel für einen Szenengraph (rechts) eines PKWs (links) mit der hierarchischen Strukturierung der Reifen und der Instanziierung der Reifengeometrie (Reifen_Geometrie_01) 23

Abbildung 9: Die drei Phasen der Physiksimulation mit anschließender Visualisierung durch Übertragung der neuen Posen in Anlehnung an EBERLY (2004) 32

Abbildung 10: Exemplarische, zweidimensionale Kontaktsituation der beiden Kollisionskörper A und B im Kontaktpunkt P mit Kontaktnormale N und Durchdringungstiefe D 33

Abbildung 11: Mechanische Kopplung zweier Bauteile zu einem Scharniergelenk 36

Abbildung 12: Die horizontale Verschiebung des bewegten Bauteils führt nur bei der kinematischen Posensteuerung (unten) zu einer Verschiebung des frei beweglichen Objektes in Richtung der zurückgelegten Bewegungsbahn 38

Abbildung 13: Durch die Berücksichtigung der bestehenden Kontakte bei der kinematischen Posensteuerung (unten) wird das aufliegende, frei bewegliche Bauteil erwartungsgemäß mit bewegt 38

Abbildung 14: Die fünf Modellierungstiefen eines technischen Systems nach KUFNER ET AL. (2010) 43

Abbildung 15: Systemstruktur, Kommunikations- und Datenschnittstellen in der Virtuellen Inbetriebnahme..... 45

Abbildung 16: Exemplarisches, logisches Ersatzmodell für eine Fördereinrichtung mit den zugehörigen Skripten zur Beschreibung des Materialflusses..... 49

Abbildung 17: Methodisches Vorgehen zur Generierung eines Physik- und Kinematikmodells aus dem CAD-Modell einer Produktionsanlage nach SPITZWEG (2009) 51

Abbildung 18: Systemstruktur, Kommunikations- und Datenschnittstellen in der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme 53

Abbildung 19: Systemstruktur, Kommunikations- und Datenschnittstellen in der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen 64

Abbildung 20: Schematische Funktionsweise einer zeitgesteuerten Quelle in der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen 67

Abbildung 21: Schematischer Aufbau und Funktionsweise einer Senke..... 67

Abbildung 22: Strukturelle Bestandteile und Funktionsweise eines Puffers 68

Abbildung 23: Die Hauptkomponenten einer abstrakten Verarbeitungsmaschine in konzeptioneller Darstellung 70

Abbildung 24: Die fünf Phasen des Modellerstellungsprozesses zur physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen 73

Abbildung 25: Vorverarbeitung der Bauteilgeometrie durch Tesselierung, Rekonstruktion, Aufbereitung und Reduktion 74

Abbildung 26: Exemplarische Tesselierung des 3D-CAD-Modells eines Zylinders 75

Abbildung 27: Ein kleiner Versatz zweier Begrenzungsflächen offenbart die doppelten Einträge der Eckpunkte $v_2(=v_5)$ und $v_1(=v_3)$ 76

Abbildung 28: Exemplarische Zusammenführung der Dreiecksnetze eines Bauteiles zu einer gemeinsamen geometrischen Oberfläche 76

Abbildung 29: Berechnung der Weltmatrix W für eine Geometrie G aus den lokalen Matrizen M_0, M_1 und M_2 77

Abbildung 30: Exemplarische Aufbereitung einer Geometrie G unter Berücksichtigung der Manipulation der lokalen Matrizen im Szenengraph 78

Abbildung 31: Reduzierte geometrische Oberfläche eines Förderbandmotors (links) im Vergleich zu der originalen Darstellung (rechts) 80

Abbildung 32: Die Ableitung des Kollisionsmodells in der Prozessübersicht 81

Abbildung 33: Exemplarische Klassifikation einer Förderanlage in visuelle, statische und dynamische Komponenten sowie die Sensorik und die Kinematik 81

Abbildung 34: Die Kollisionsmodelle zweier Zahnräder im Vergleich (konkave Kollisionsmodelle, konvexe Hüllen, Quader, Würfel, Kugeln und Zylinder) 84

Abbildung 35: Schematische Zuordnung eines graphischen Modells (links) mit dem zugehörigen konvexen Kollisionskörper (rechts) 85

Abbildung 36: Spezifikation eines, aus drei Kollisionskörpern (oben) und einem Kollisionskörper (unten) bestehenden, Kollisionsmodells zu der zugehörigen geometrischen Repräsentation 85

Abbildung 37: Konvexe Zerlegung (rechts) eines ursprünglich konkaven Geometriemodells einer Flasche (links) 86

Abbildung 38: Bei der Bildung der konvexen Hülle mit dem oben beschriebenen Algorithmus wird die Lücke zwischen den beiden abgebildeten Pyramiden in unzulässiger Weise geschlossen 87

Abbildung 39: Gesamtübersicht einer Anlage mit zwei Förderbändern und einer Führung 87

Abbildung 40: Der Verlauf einer Simulation bezüglich der Berechnungsdauer pro Simulationsschritt im Vergleich zwischen konventioneller („Konkav“) und erweiterter Methode („Konvex zerlegt“) 88

Abbildung 41: Anreicherung des Kollisionsmodells zu einem Physikmodell 89

Abbildung 42: Zwei exemplarische Gelenke: Lineares Gelenk (links) und rotatorisches Scharnier (rechts) 90

Abbildung 43: Schematische Funktionsweise einer planaren Förderstrecke: Durch die Gravitation wird ein Kontakt zwischen dem Körper und dem Förderband generiert und somit der Körper gemäß der Förderrichtung, skaliert um die Fördergeschwindigkeit, verschoben 92

Abbildung 44: Die vertikale Ausrichtung einer planaren Förderstrecke verhindert die Kontaktbildung zwischen dem frei beweglichen Körper und dem Förderband, so dass keine Kontaktmodifikation durchgeführt werden kann und folglich der Körper nicht transportiert wird 93

Abbildung 45: Kinematische Bewegung eines Objektes entlang einer vorgegebenen Bewegungsbahn 94

Abbildung 46: Durch die kinematische Bewegung der Backen kann der Greifvorgang korrekt in die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme integriert werden 94

Abbildung 47: Durch die Vorgabe der Posen entlang einer Förderstrecke wird ein Bauteil auf den Förderplatten korrekt transportiert 96

Abbildung 48: Schematische Kontaktsituation zwischen einem Greifer und einem frei beweglichen Bauteil auf der Basis der aus der Haftreibung resultierenden Kontaktkräfte zwischen den Objekten 98

Abbildung 49: Schematischer Greifvorgang auf Basis eines Sensors mit den drei Zuständen Greifen, Heben und Loslassen 99

Abbildung 50: Schematischer Greifvorgang der Greiferbacken mit Kontaktzonen 100

Abbildung 51: Softwaretechnische Umsetzung der Systemstruktur und der Kommunikations- sowie der Datenschnittstellen 104

Abbildung 52: Modulare Softwarearchitektur der prototypisch implementierten Simulationsumgebung ve 104

Abbildung 53: Klassendiagramm der Simulationskomponenten des veSIM-Moduls 105

Abbildung 54: Integration der einzelnen Modellbestandteile einer Szene (Scene.xml) in das Modul veDB 106

Abbildung 55: Das erweiterte XML-Schema für starre Körper 108

Abbildung 56: Das XML-Schema für die neuen Entwurfsmetaphern Quelle (source), Senke (sink) und Puffer (buffer) 108

Abbildung 57: Das XML-Schema für eine abstrakte Verarbeitungsmaschine 109

Abbildung 58: Erweiterung des Simulationsmodells um vordefinierte Bewegungsbahnen (kinematicObject) und das Materialhandling (gripperSimple und gripperJaw) 109

Abbildung 59: Die in dem Prototyp umgesetzten Objekttypen zur Spezifikation der Kommunikationsschnittstelle zwischen Physiksimulation und Verhaltenssimulation 110

Abbildung 60: Das Anlagenlayout des gewählten Anwendungsszenarios 113

Abbildung 61: Das Fördergut der Anlage: Flaschen (links) und Gebinde (rechts) 114

Abbildung 62: Das 3D-CAD-Modell des gewählten Anwendungsszenarios mit Platzhaltern für die abstrakten Verarbeitungsmaschinen, die Quellen und die Senke 115

Abbildung 63: Die Rollen der Schikanen zur Vereinzelung der Flaschen in die nachfolgenden Gassen 116

Abbildung 64: Aus dem 3D-CAD-Modell der Flasche (links) wurde das triangulierte Modell (mitte) abgeleitet und anschließend konvex zerlegt (rechts) 117

Abbildung 65: Ergebnisse der Simulationsstudie für das erste Anlagenmodell 119

Abbildung 66: Palettierung der einzelnen Gebinde nach einem gegebenen Lagebild 119

Abbildung 67: Übersicht der fokussierten Verarbeitungsstation zur Gruppierung von Flaschengebinden in Anlehnung an KRONES (2011) 120

Abbildung 68: Umsetzung des Greifers Gripper_01 mit den Greiferbacken Backe_01 und Backe_02 sowie den zugehörigen Kontaktzonen Zone_01 und Zone_02 122

Abbildung 69: Ausgewählte Ergebnisse der Simulationsstudie der fokussierten Gruppierstation 123

Abbildung 70: Reichweite der Skalierbarkeit in der Modelldetaillierung von einer einfachen Repräsentation (links) bis hin zu dem präzisen Abbild einer realen Produktionsanlage (rechts) 126

Abbildung 71: Verifikation der entwickelten Methodik anhand der spezifizierten Anforderungen an die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen..... 127

Abbildung 72: Analyse der Wirtschaftlichkeitsgrenze der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen 133

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Planungsinhalte und Simulationsmethoden entlang der Automatisierungspyramide nach KIEFER (2007) 14

Tabelle 2: Exemplarische Kostenkalkulation der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen 131

Tabelle 3: Exemplarische Nutzenkalkulation der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen 132

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Globale Megatrends in der Produktion, wie die Durchdringung mit neuen Technologien, die Dynamisierung der Produktlebenszyklen und die weltweite Ressourcenverknappung, bestimmen heute mehr denn je die Strategie erfolgreicher Unternehmen (ABELE & REINHART 2011). Die aus den Megatrends ableitbaren Herausforderungen, in Bezug auf transformierte Märkte und veränderte Kundenwünsche, bieten gleichsam Chancen für etablierte wie auch für neu gegründete Unternehmen in einer globalisierten Welt. Der technische Fortschritt ist dabei eine treibende Kraft für den Standort Deutschland, der eine weltweite Vorreiterrolle im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus innehat. Wenngleich der Zusammenbruch der Finanz- und Absatzmärkte in den Jahren 2008/2009 den Exportmotor der deutschen Wirtschaft kurzzeitig bremste, übertrifft die Wirtschaft der Bundesrepublik im ersten Quartal 2011 das Vorkrisenniveau (FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG 2011). Diese schnelle Erholung resultiert nicht zuletzt aus der hohen Qualität der angebotenen Produkte und der Innovationskraft deutscher Unternehmen (GAUSEMEIER & WIENDAHL 2011, S.10).

Im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus wird dies auf taktischer und auf operativer Ebene unter anderem durch eine steigende Funktions- und Variantenvielfalt der Produkte sowie der produzierenden Maschinen und Anlagen erreicht. Daher werden im Anlagenbau immer mehr Verarbeitungsmaschinen mit einer rasant steigenden Anzahl an Transportsystemen zu einer Produktionsanlage verkettet (WIENDAHL ET AL. 2002A; WIENDAHL ET AL. 2002B). Hierbei werden zwar die einzelnen Anlagenkomponenten extern zugekauft, die verbindende Steuerungstechnik ist jedoch kundenindividuell und führt erst durch die effiziente Orchestrierung der einzelnen Module zu einem optimalen Produktionsergebnis. Durch diesen stetig wachsenden Automatisierungsgrad werden softwaretechnische Integrationstests erfolgsentscheidend, da die steuerungstechnische Korrektheit der einzelnen Softwaremodule nicht automatisch zu einem fehlerfreien Gesamtsystem führt (SOMMERVILLE 2003). Die massiv angestiegene Produktvarianz erfordert zudem moderne Produktionsanlagen, die eine Vielzahl verschiedener Produktionsgüter verarbeiten und transportieren können. Diese Flexibilität wird noch verschärft, da in Zukunft auch Produkte integriert werden, die zur Entwicklungszeit der Produktionsanlage noch unbekannt sind (GÜNTHNER 2009; FRANKE ET AL. 2010; REINHART ET AL. 2010). Um diese Flexibilität und Wandlungsfähigkeit von Produktionsanla-

gen zu steigern, wird vermehrt auf den Einsatz der Software- und Steuerungstechnik in modernen Maschinen und Anlagen gesetzt (GLAS 1993; ALTINTAS ET AL. 2005; ZÄH & LINDWORSKY 2008; ZÄH ET AL. 2008). Nicht zuletzt werden heutzutage 90 Prozent der Innovationen im Maschinenbau im Bereich der Informationstechnik realisiert (BENDER ET AL. 2005, S. 7). Hierbei werden mechanische Funktionen vermehrt durch flexible Softwaremodule ersetzt. Zusätzlich zu diesen Veränderungen hin zu mechatronischen Automatisierungssystemen ist im industriellen Umfeld eine Steigerung der Produktintegration während der laufenden Produktion zu beobachten (BUDKE ET AL. 2003; KAIN & SCHILLER 2009). Dies darf nicht zu einer Häufung der Stillstandszeiten der Anlagen während des produktiven Einsatzes führen. Folglich liegt ein entscheidender Erfolgsfaktor des Maschinen- und Anlagenbaus in der Wandlung seiner Produkte hin zu mechatronischen Gesamtsystemen und in der Beherrschung der inhärenten Softwaretechnik.

Neben dieser steigenden Automatisierung werden die Produktlebenszyklen stets kürzer (KUMAR & KROB 2005; WAGNER 2006; TÜCKS 2009). Gerade Anlagenbauer in Hochlohnländern müssen deshalb eine parallele Entwicklung von Mechanik, Elektrotechnik und Software forcieren, die in einem iterativen Entwicklungsprozess synchronisiert wird, um Entwicklungszeiten zu verkürzen und teure Fehler in späten Phasen zu vermeiden (VDI 2235). Dies ist erst durch den Einsatz von Methoden und Systemen zur Unterstützung der Kommunikation und der Absicherung mechatronischer Funktionalitäten möglich (GAUSEMEIER ET AL. 2010).

Eine ungenügende Validierung mechatronischer Komponenten führt spätestens in der Inbetriebnahme zu teuren Verzögerungen, die mit 20 Prozent der Projektkosten und 25 Prozent der Projektdauer immer noch ein teurer und langwieriger Teilaspekt in der Anlagenerstellung ist (ZÄH & WÜNSCH 2005; WEBER 2006). Hierbei zeigt sich, dass durch Ansätze des Frontloadings immense Einsparungen realisiert werden können (JAGAWA 1995; THOMKE & FUJIMOTO 2000; GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 12; SZEGHÖ ET AL. 2008), beispielsweise durch das frühzeitige Testen der integrierten Software (BOEHM 1981; LIGGESMEYER 2002). Fehler, die in den frühen Entwicklungsphasen nicht identifiziert werden, wirken sich exponentiell negativ auf die Kostenstruktur der Gesamtanlage aus, denn diese treten häufig erst bei der Inbetriebnahme der Maschine oder der Anlage auf. Insbesondere stellt „der Produktionsanlauf (..) sowohl für Hersteller als auch für Anwender automatisierter Fertigungsanlagen einen großen Unsicherheits- und Kostenfaktor dar“ (BUCHNER 2009, S. 31). Diese Unsicherheit resultiert unter anderem aus nicht getesteten mechatronischen Komponenten und Modulen in ihrem Zusammenspiel. Darüber hinaus entfallen bei der Inbetriebnahme ca. 90 Prozent der Tätigkeiten auf Elektrik

und Steuerungstechnik, wobei 70 Prozent der Zeit für die Beseitigung von Softwarefehlern in der Steuerungstechnik aufgewendet wird (ZÄH ET AL. 2006A; siehe auch EVERSHEIM 1990; SPATH & LANDWEHR 2000). Um diese erfolgskritischen Softwarefehler zu vermeiden, ist eine intensive Validierung der integrierten Steuerungstechnik unabdingbar. Im Rahmen moderner, mechatronischer Vorgehensmodelle, wie beispielsweise das mechatronische V-Modell nach BENDER ET AL. (2005), rückt daher die kontinuierliche Absicherung der Gesamtfunktionalität durch schrittweises Testen in den Vordergrund (KRAMER 2001). Das Ziel des Testens ist es dabei, Fehler zu finden und die Unsicherheit bezüglich der Qualität der Software zu reduzieren. Aus der Anzahl der gefundenen Fehler kann die Anzahl der noch vorhandenen Fehler im Produkt, d.h. dessen Qualität, geschätzt werden. Dies schafft Transparenz und reduziert folglich die hohen Unsicherheitsfaktoren bei der Inbetriebnahme. Darüber hinaus lassen sich die Kosten und die Dauer des Projekts abschätzen (POL ET AL. 2002) und reduzieren.

Eine Möglichkeit das mechatronische System frühzeitig zu validieren, besteht in der Nutzung eines digitalen Modells des technischen Systems im Rahmen einer Virtuellen Inbetriebnahme. Dieses Vorgehen garantiert zum einen eine Reduktion der Inbetriebnahmezeit und zum anderen die Steigerung der Qualität der Steuerungssoftware (ZÄH ET AL. 2006A; WEGENER 2010). Dieser Ansatz hat mittlerweile das „Forschungsstadium durchschritten“ und „befindet sich bereits an der Schwelle zum Produktiveinsatz, bzw. wird schon produktiv eingesetzt“ (BERGERT ET AL. 2009, S. 1). Die abgedeckten Bereiche umfassen dabei sehr maschinennahe Validierungen (VDI 3633-8) und erstrecken sich bis zur Absicherung von Produktionssteuerungssystemen (GAUSEMEIER ET AL. 2004; MAYER & BURGES 2007; BISCHOFF ET AL. 2008) sowie der Virtuellen Inbetriebnahme von Leittechniksystemen (BUCHNER 2009; SALINAS & KLEMM 2010; SCHLEIPEN & SAUER 2010). Die aktuelle Herausforderung besteht momentan noch in der Verminderung der hohen Aufwände bei der Modellerstellung, beispielsweise bei der Absicherung von Montagemaschinen (KUFNER ET AL. 2010). Die meist manuell zu erstellenden Modelle können nur durch ein hohes Maß an Expertenwissen produktiv eingesetzt werden. Die Simulation von materialflussintensiven Produktionsszenarien basiert zudem häufig nicht auf dem geometrischen Layout des betrachteten Systems, sondern wird mit Hilfe eines zusätzlichen Verhaltensmodells abgebildet. Dies schränkt nicht nur die Aussagekraft des Modells ein, sondern verhindert die Evaluierung einiger Einsatzszenarien, wie beispielsweise des Anlagenverhaltens bei einem Stau im Materialfluss. Nicht zuletzt wird die Virtuelle Inbetriebnahme häufig erst am Ende der Entwicklung durchgeführt, da die Aufwände für das Simulationsmodell und insbesondere

dem Materialflussmodell sehr hoch sind und bei veränderten Randbedingungen erneut anfallen.

Eine entwicklungsbegleitende Testumgebung und Simulationsplattform, die mit geringem Aufwand zur Validierung eingesetzt werden könnte, wäre somit hilfreich, um die gesamte Entwicklungszeit der Anlage zu reduzieren (BENDER ET AL. 2005). Für Produktionsanlagen mit intensivem Materialfluss wird daher der Einsatz von Physikmodellen fokussiert, da dieser Ansatz in geringeren Modellerstellungsaufwänden resultiert. Anstatt das Materialflussverhalten über Skripte manuell zu implementieren, werden bei dieser so genannten physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme die 3D-CAD-Daten aus der Konstruktion um physikalische Parameter angereichert und mit Hilfe einer physikalischen Simulation ausgewertet (SPITZWEG 2009; RÖCK 2011). Dieser Ansatz konnte sich bereits wissenschaftlich und industriell etablieren, ist für große Anlagen mit zahlreichen Fördergütern jedoch noch zu erweitern. Dies ist die primäre Voraussetzung für einen breiten industriellen Einsatz der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme bei der Entwicklung materialflussintensiver Produktionsanlagen und steht daher im Fokus der vorliegenden Arbeit.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

In der beschriebenen Wandlung bei der Entwicklung von Produktionsmaschinen und -anlagen hin zu mechatronischen Verarbeitungsmaschinen ist eine Virtuelle Inbetriebnahme grundsätzlich geeignet, um zum wirtschaftlichen Erfolg der entwickelten Maschinen und Anlagen beizutragen. Insbesondere der Einsatz von Physikmodellen bei der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme reduziert dabei den Modellierungsaufwand, steigert die Aussagekraft und trägt somit entscheidend zur Steigerung der Qualität der Steuerungslogik bei. Bisherige Methoden und Verfahren sind hierbei jedoch lediglich auf relativ kleine Anlagen anwendbar, die einen geringen Materialfluss einfacher Fördergüter aufweisen. Das übergeordnete Ziel ist es daher, die *bisherigen Methoden zur physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme um die Integration von Modellen materialflussintensiver Produktionsanlagen zu erweitern. Hierbei soll die Komplexität der Anlagenmodelle reduziert und im Umkehrschluss die simulierbare Anlagengröße erweitert werden. Um dies zu ermöglichen, werden die Repräsentation des transportierten Förderguts skalierbar gestaltet, sowie neue Methoden zur Fokussierung des simulierten Anlagenausschnitts eingeführt und somit die Berechnungszeiten bei der Simulation an das Simulationsszenario adaptierbar gestaltet.*

Das spezifizierte Ziel der Steigerung der Anlagengröße steht zunächst im Gegensatz zu der Anforderung, die Berechnungsaufwände zu reduzieren. In der industriellen Praxis sind Automatisierungssysteme sehr komplex und verfügen über zahlreiche Transporteinrichtungen, die eine Vielzahl von Verarbeitungsmaschinen verketten. Eine direkte Anwendung bisheriger Verfahren führt zu Anlagenmodellen, die der Anforderung einer echtzeitfähigen Simulation nicht gerecht werden. Die Echtzeitfähigkeit ist jedoch entscheidend, um die Steuerungssysteme unter realitätsnahen Voraussetzungen zu evaluieren. Somit bedarf es der Einführung neuer Methoden, um die simulierten Anlagenmodelle rechentechnisch für die verwendete Physiksimulation zu optimieren. Darüber hinaus ist für eine Fokussierung auf einzelne Module der Anlage eine Einschränkung der simulierten Modelle unabdingbar. Insbesondere ist hierdurch eine stufenweise Validierung der Steuerungslogik möglich und trägt somit gleichsam den modernen Modulbauweisen von Produktionsanlagen Rechnung. Dies ist aktuell nicht ohne Weiteres bei materialflussintensiven Produktionsanlagen realisierbar, da für eine korrekte Abbildung des Moduls der Materialfluss oftmals von einem vorgelagerten Teil der Anlage zur Verfügung gestellt wird und anschließend an ein weiteres Transportsystem übergeben wird. Folglich bedarf es neuer Methoden und Verfahren, die auf die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme zugeschnitten sind.

Das Leitziel dieser Arbeit ist die Förderung des Einsatzes der physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme in der industriellen Praxis. Dies wird durch die Erweiterung der simulierbaren Anlagen in Bezug auf die Modellgröße sowie die Anzahl und die Varianz transportierter Fördergüter erreicht. Zudem ist die Einführung neuer Methoden zur rechentechnischen Optimierung der Simulationsmodelle ein weiteres Ziel. Darüber hinaus sind die Fokussierung von Physikmodellen auf einzelne Anlagenmodule und der Nachweis der praktischen Umsetzbarkeit der entwickelten Ansätze durch die Implementierung in einem Softwarewerkzeug weitere Ziele dieser Ausarbeitung. Zuletzt soll die Durchführung realitätsnaher Anwendungsszenarien die Praxistauglichkeit und die industrielle Relevanz belegen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich, inklusive der Einleitung und der Schlussbetrachtung, in acht Kapitel, die in Abbildung 1 ersichtlich sind. In den vorangegangenen Abschnitten wurden bereits die Ausgangssituation und die Motivation aufgezeigt sowie die daraus abgeleitete Zielsetzung der Arbeit formuliert.

Abbildung 1: Vorgehensweise in der Arbeit

In **Kapitel 2** werden die Begriffe, die zum einheitlichen Verständnis der Arbeit notwendig sind, definiert sowie die automatisierungs- und produktionstechnische Basis der vorliegenden Arbeit ausgelegt. Daran anschließend werden die mathematischen und computergraphischen Grundlagen der eingesetzten Methoden und Verfahren ausgeführt. Den Abschluss von Kapitel 2 bildet eine Zusammenfassung der vorgestellten Begrifflichkeiten und Konzepte.

Auf diesen Grundlagen aufbauend werden in **Kapitel 3** die wissenschaftlichen Erkenntnisse fokussiert, die sich speziell mit der Physiksimulation und der Virtuellen Inbetriebnahme befassen. Insbesondere wird die rechentechnische Abbildung des anlageninternen Materialflusses diskutiert und abschließend die unterschiedlichen Konzepte anhand der formulierten Ziele bewertet. Auf Kapitel 2 und Kapitel 3 folgend werden die Anforderungen an ein Konzept und eine Methodik zur Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen in **Kapitel 4** analysiert und erläutert. Insbesondere werden diese Anforderungen unter Berücksichtigung der Ausgangssituation und der Zielstellung aus Kapitel 1 formuliert.

Die Grundzüge des Konzepts zur Abbildung materialflussintensiver Produktionsanlagen sind die ersten Themen in **Kapitel 5**. Daran anschließend werden die neu eingeführten Entwurfsmetaphern zur Fokussierung des Anlagenmodells intensiv beleuchtet und ihre physikbasierte Umsetzung detailliert. Der Modellbildung zu einem Simulationsmodell, ausgehend von einem 3D-CAD-Modell und unter Einbeziehung der Entwurfsmetaphern, sind die nachfolgenden Abschnitte des Kapitels gewidmet. Insbesondere aufgrund der gestellten Anforderungen und der formulierten Zielsetzung der Arbeit werden hierbei neue Verfahren und Methoden zur skalierbaren Modelldetaillierung eingeführt und ihre modelltechnische Integration dargestellt.

In **Kapitel 6** wird die softwaretechnische Realisierung des Konzepts und der Systemarchitektur, in Form der Definition des Simulationsmodells sowie der Spezifikation der Kommunikationsschnittstelle, ausgearbeitet. Der realisierte Softwareprototyp wird anschließend, eingebettet in ein System zur physikbasierten Virtuellen Inbetriebnahme, anhand eines industriell relevanten Anwendungsszenarios evaluiert. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Ergebnisse bei der Anwendung der Vorgehensmethodik gelegt. Die dabei gesammelten Erkenntnisse bilden die Grundlage für eine Bewertung in **Kapitel 7**. Es erfolgt eine technische Betrachtung des Konzepts und der Methodik sowie eine Wirtschaftlichkeitsrechnung der erzielbaren Nutzenpotenziale.

In einer Schlussbetrachtung in **Kapitel 8** wird die Arbeit zusammengefasst sowie ein Ausblick detailliert, der offene Forschungsfragen identifiziert und mögliche Weiterentwicklungen der in dieser Arbeit beschriebenen Ansätze und Methoden aufzeigt.

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.*
Klipsmontage mit Industrierobotern
1988 · 92 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6

16 *Lutz, P.*
Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung
1988 · 44 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3

17 *Klippel, C.*
Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems
1988 · 86 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0

18 *Rascher, R.*
Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung
1989 · 110 Abb. · 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9

19 *Heusler, H.-J.*
Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5

20 *Kirchknopf, P.*
Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3

21 *Sauerer, Ch.*
Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1

22 *Karstedt, K.*
Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigungsautomatisierung
1990 · 92 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7

23 *Peiker, St.*
Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems
1990 · 66 Abb. · 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0

24 *Schugmann, R.*
Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage
1990 · 71 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0

25 *Wirba, P.*
Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X

26 *Eibelshäuser, P.*
Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7

27 *Prasch, J.*
Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

28 *Teich, K.*
Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der Produktion
1990 · 52 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-52764-8

29 *Pfrang, W.*
Rechnergestützte und graphische Planung manueller und teilautomatisierter Arbeitsplätze
1990 · 59 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-52829-6

30 *Tauber, A.*
Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente der Montageplanung
1990 · 93 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-52911-X

31 *Jäger, A.*
Systematische Planung komplexer Produktionssysteme
1991 · 75 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-53021-5

32 *Hartberger, H.*
Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme
1991 · 58 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-53326-5

33 *Tuczek, H.*
Inspektion von Karosseriepreßteilen auf Risse und Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung
1992 · 125 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-53965-4

34 *Fischbacher, J.*
Planungsstrategien zur stömungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten
1991 · 60 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-54027-X

35 *Moser, O.*
3D-Echtzeitkollisionsschutz für Drehmaschinen
1991 · 66 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-54076-8

36 *Naber, H.*
Aufbau und Einsatz eines mobilen Roboters mit unabhängiger Lokomotions- und Manipulationskomponente
1991 · 85 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-54216-7

37 *Kupec, Th.*
Wissensbasiertes Leitsystem zur Steuerung flexibler Fertigungsanlagen
1991 · 68 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-54260-4

38 *Maulhardt, U.*
Dynamisches Verhalten von Kreissägen
1991 · 109 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-54365-1

39 *Götz, R.*
Strukturierte Planung flexibel automatisierter Montagesysteme für flächige Bauteile
1991 · 86 Abb. · 201 Seiten · ISBN 3-540-54401-1

40 *Koepfer, Th.*
3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung - ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsteilung
1991 · 74 Abb. · 126 Seiten · ISBN 3-540-54436-4

41 *Schmidt, M.*
Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme
1992 · 108 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-55025-9

42 *Burger, C.*
Produktionsregelung mit entscheidungsunterstützenden Informationssystemen
1992 · 94 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-55187-5

43 *Hoßmann, J.*
Methodik zur Planung der automatischen Montage von nicht formstabilen Bauteilen
1992 · 73 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-5520-0

44 *Petry, M.*
Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmbaukastens für robotergeführte Klebeprozesse
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.*
Prozeßuntersuchungen zur automatisierten Montage von optischen Linsen
1992 · 84 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55378-9

48 *Schrüfer, 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 Zustandesregelung 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 *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 *Bomm, H.*
Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum Investitionscontrolling komplexer Produktionssysteme
1992 · 87 Abb. · 195 Seiten · ISBN 3-540-55964-7

57 *Wendt, A.*
Qualitätssicherung in flexibel automatisierten Montagesystemen
1992 · 74 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-56044-0

58 *Hansmaier, H.*
Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung
1993 · 67 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-56053-2

59 *Dilling, U.*
Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch Wirtschaftssimulationen
1993 · 72 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56307-5

60 *Strohmayr, R.*
Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von Zubringeeinrichtungen
1993 · 80 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-56652-X

61 *Glas, J.*
Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer Zellenrechnersoftware
1993 · 80 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3.540-56890-5

62 *Stetter, R.*
Rechnergestütze Simulationswerkzeuge zur Effizienzsteigerung des Industrierobotereinsatzes
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1

63 *Dirndorfer, A.*
Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57031-4

64 *Wiedemann, M.*
Simulation des Schwingungsverhaltens spanender Werkzeugmaschinen
1993 · 81 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-57177-9

65 *Woenckhaus, Ch.*
Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-Layoutoptimierung
1994 · 81 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-57284-8

66 *Kummetsteiner, G.*
3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur Planung manueller Montagesysteme
1994 · 62 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-57535-9

67 *Kugelmann, F.*
Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen Automatisierung von Produktionssystemen
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57549-9

68 *Schwarz, H.*
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 *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 *Zwanzer, N.*
Technologisches Prozeßmodell für die Kugelschleifbearbeitung
1995 · 65 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-58634-2

81 *Romanow, P.*
Konstruktionsbegleitende Kalkulation von Werkzeugmaschinen
1995 · 66 Abb. · 151 Seiten · ISBN 3-540-58771-3

82 *Kahlenberg, R.*
Integrierte Qualitätssicherung in flexiblen Fertigungszellen
1995 · 71 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-58772-1

83 *Huber, A.*
Arbeitsfolgenplanung mehrstufiger Prozesse in der Hartbearbeitung
1995 · 87 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-58773-X

84 *Birkel, G.*
Aufwandsminimierter Wissenserwerb für die Diagnose in flexiblen Produktionszellen
1995 · 64 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-58869-8

85 *Simon, D.*
Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung und logistisches Störungsmanagement
1995 · 77 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-58942-2

86 *Nedeljkovic-Groha, V.*
Systematische Planung anwendungsspezifischer Materialflußsteuerungen
1995 · 94 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-58953-8

87 *Rockland, M.*
Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in Montageanlagen
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58999-6

88 *Linner, St.*
Konzept einer integrierten Produktentwicklung
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1

89 *Eder, Th.*
Integrierte Planung von Informationssystemen für rechnergestützte Produktionssysteme
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6

90 *Deutschle, 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 Qualitätsmanagment unter Verwendung von Felddaten
1996 · 67 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-61678-0

102 *Pischeltsrieder, 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 *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.*
Steuerungsintegrierte 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 Ähnlichteilsuche 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 *Koehrer, 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 *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.*
Erfahrungsgeleitete 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 3-98675-069-0
70 Mechatronik · Strukturdynamik 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 Ergfolgsfaktor 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 Kapsel 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 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 Partnerverbünden
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 Produktionsptimierung 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 Sprenzel, 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 Fährer
Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
2002 · 176 Seiten · 69 Abb. · 13 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0124-0

164 Jürgen Höppner
Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler
2002 · 132 Seiten · 24 Abb. · 3 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0125-9

165 Hubert Götte
Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
2002 · 258 Seiten · 123 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0126-7

166 Martin Weißenberger
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 telepräsenter 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 Breitinger
Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
2003 · 156 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0227-1

178 Johann von Pieverling
Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
2003 · 163 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0230-1

179 Thomas Baudisch
Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
2003 · 190 Seiten · 67 Abb. · 8 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0249-2

180 Heinrich Schieferstein
Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
2003 · 132 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0251-4

181 Joachim Berlak
Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
2003 · 244 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0258-1

182 Christian Meierlohr
Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
2003 · 181 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0292-1

183 Volker Weber
Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken
2004 · 210 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0330-8

184 Thomas Bongardt
Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
2004 · 170 Seiten · 40 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0332-4

185 Tim Angerer
Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
2004 · 180 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0336-7

186 Alexander Krüger
Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
2004 · 197 Seiten · 83 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0371-5

187 Matthias Meindl
Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing
2005 · 222 Seiten · 97 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0465-7

188 Thomas Fusch
Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie
2005 · 190 Seiten · 99 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0467-3

189 Thomas Mosandl
Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme
2005 · 182 Seiten · 58 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0471-1

190 Christian Patron
Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung
2005 · 150 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0474-6

191 Robert Cisek
Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen
2005 · 200 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0475-4

192 Florian Auer
Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
2005 · 160 Seiten · 65 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0485-1

193 Carsten Selke
Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
2005 · 137 Seiten · 53 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0495-9

194 Markus Seefried
Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
2005 · 216 Seiten · 82 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0503-3

195 Wolfgang Wagner
Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion
2006 · 208 Seiten · 43 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0586-6

196 Christopher Ulrich
Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
2006 · 178 Seiten · 74 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0590-4

197 Johann Härtl
Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
2006 · 140 Seiten · 55 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0611-0

198 Bernd Hartmann
Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
2006 · 208 Seiten · 105 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0615-3

199 Michael Schilp
Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
2006 · 130 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0631-5

200 Florian Manfred Grätz
Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
2006 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0643-9

201 Dieter Eireiner
Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
2006 · 214 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0650-1

202 Gerhard Volkwein
Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
2007 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0668-9

203 Sven Roeren
Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
2007 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0680-1

204 Henning Rudolf
Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
2007 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0697-9

205 Stella Clarke-Griebsch
Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
2007 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0701-3

206 Michael Ehrenstraßer
Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage
2008 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0743-3

207 Rainer Schack
Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
2008 · 248 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0748-8

208 Wolfgang Sudhoff
Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
2008 · 276 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0749-5

209 Stefan Müller
Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
2008 · 240 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0750-1

210 Ulrich Kohler
Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
2008 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0753-2

211 Klaus 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 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 telepräsente 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 · 224 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

234 Ulrich Munzert
Bahnplanungsalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahlschweißen
2010 · 176 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0948-2

235 Georg Völlner
Rührreibschweißen mit Schwerlast-Industrierobotern
2010 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-0955-0

236 Nils Müller
Modell für die Beherrschung und Reduktion von Nachfrageschwankungen
2010 · 270 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-0992-5

237 Franz Decker
Unternehmensspezifische Strukturierung der Produktion als permanente Aufgabe
2010 · 180 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-0996-3

238 Christian Lau
Methodik für eine selbstoptimierende Produktionssteuerung
2010 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4012-6

239 Christoph Rimpau
Wissensbasierte Risikobewertung in der Angebotskalkulation für hochgradig individualisierte Produkte
2010 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4015-7

240 Michael Loy
Modulare Vibrationswendelförderer zur flexiblen Teilezuführung
2010 · 169 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4027-0

241 Andreas Eursch
Konzept eines immersiven Assistenzsystems mit Augmented Reality zur Unterstützung manueller Aktivitäten in radioaktiven Produktionsumgebungen
2010 · 205 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4029-4

242 Florian Schwarz
Simulation der Wechselwirkungen zwischen Prozess und Struktur bei der Drehbearbeitung
2010 · 256 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4030-0

243 Martin Georg Prasch
Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage
2010 · 261 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4033-1

244 Johannes Schilp
Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz
2011 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4063-8

245 Stefan Lutzmann
Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahlschmelzens
2011 · 222 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4070-6

246 Gregor Branner
Modellierung transienter Effekte in der Struktursimulation von Schichtbauverfahren
2011 · 230 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4071-3

247 Josef Ludwig Zimmermann
Eine Methodik zur Gestaltung berührungslos arbeitender Handhabungssysteme
2011 · 184 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4091-1

248 Clemens Pörnbacher
Modellgetriebene Entwicklung der Steuerungssoftware automatisierter Fertigungssysteme
2011 · 280 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4108-6

249 Alexander Lindworsky
Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungsbegleitenden Steuerungstest
2011 · 300 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4125-3

250 Michael Mauderer
Ein Beitrag zur Planung und Entwicklung von rekonfigurierbaren mechatronischen Systemen – am Beispiel von starren Fertigungssystemen
2011 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4126-0

251 Roland Mork
Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserieteilen in Presswerken auf Basis Neuronaler Netze
2011 · 228 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4127-7

252 Florian Reichl
Methode zum Management der Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung
2011 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4128-4

253 Paul Gebhard
Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Rührreibschweißen
2011 · 220 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4129-1

254 Michael Heinz
Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgreifsysteme für die Mikrosystemtechnik
2012 · 220 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4147-5

255 Pascal Krebs
Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten
2012 · 230 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4156-7

256 Gerhard Straßer
Greiftechnologie für die automatisierte Handhabung von technischen Textilien in der Faserverbundfertigung
2012 · 290 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4161-1

257 Frédéric-Felix Lacour
Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen
2012 · 222 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4162-8