

Alexander Lindworsky

**Teilautomatische Generierung
von Simulationsmodellen für
den entwicklungsbegleitenden Steuerungstest**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 249

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 · 2011

ISBN 978-3-8316-4125-3

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis	XXI
Formelverzeichnis	XXVII
Glossar	XXXI
1 Einleitung	1
1.1 Gegenwärtige Situation im Maschinen- und Anlagenbau	1
1.2 Resultierende Problemstellung	2
1.3 Zielsetzung und Vorgehensweise	4
1.4 Gliederung der Arbeit	8
2 Grundlagen	11
2.1 Kapitelüberblick.....	11
2.2 Begriff der Mechatronik.....	11
2.3 Entwicklungsprozesse im Maschinen- und Anlagenbau	13
2.3.1 Entwicklungs- und Konstruktionsmethoden	13
2.3.2 Phasen des Entwicklungsprozesses.....	17
2.3.3 Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen	18
2.4 Grundlagen der Steuerungstechnik	20
2.4.1 Klassifizierung von Steuerungen	20
2.4.2 Speicherprogrammierbare Steuerungen	23

2.4.3	Dezentralisierung und Feldbussysteme	24
2.5	Systeme, Modelle und Simulation	25
2.5.1	Systembegriff und Klassifikation	25
2.5.2	Modellbegriff	27
2.5.3	Modellierungstechniken	28
2.5.4	Simulation	38
2.5.5	Echtzeitfähigkeit	38
2.6	Virtuelle Inbetriebnahme	39
2.6.1	Grundprinzip	39
2.6.2	Ausprägungen	40
2.6.3	Modelle für die Virtuelle Inbetriebnahme	41
2.6.4	Modellerstellungsprozess	43
2.6.5	Kommerzielle Simulationssysteme	45
2.6.6	Nutzen und Aufwand	45
3	Stand der Forschung und der Technik	47
3.1	Kapitelüberblick	47
3.2	Prüfmethoden für Steuerungssoftware	47
3.2.1	Klassifikation der Prüfmethoden	47
3.2.2	Formale Verifikation	48
3.2.3	Analytische Prüfmethoden	49
3.2.4	Dynamischer Test	49
3.3	Softwarebasierte Simulations- und Testmethoden	51
3.3.1	Forschungsarbeiten	51

3.3.2	Industrielle Ansätze.....	58
3.3.3	Handlungsbedarf	59
3.4	Planung und Konzeption im Maschinen- und Anlagenbau	62
3.4.1	Interdisziplinärer Systementwurf.....	62
3.4.2	Modelle zur Unterstützung des Entwicklungsprozesses...	63
3.4.3	Fazit.....	70
4	Konzept	71
4.1	Kapitelüberblick.....	71
4.2	Anforderungen an die Methode	71
4.3	Integration der Simulation in den Entwicklungsprozess	72
4.3.1	Modellgetriebene Vorgehensweise	72
4.3.2	Grobplanung.....	74
4.3.3	Feinplanung.....	75
4.3.4	Unterstützung der Konstruktionsphase	75
4.4	Modellierungstechnik.....	76
4.4.1	Disziplinenübergreifendes Beschreibungsmittel.....	76
4.4.2	Fehlermodellierung	77
4.4.3	Simulation hybrider Systeme	78
4.5	Einbindung vorhandener Modelldaten.....	78
4.5.1	Funktionsmodell und CAD-Daten	78
4.5.2	Methode für die Datenintegration	79
4.6	Automatisierte Ableitung von Simulationsmodellen.....	80
4.6.1	Prinzip der Modellgenerierung	80

4.6.2	Berücksichtigung von Änderungen	81
4.7	Zusammenfassung	81
5	Funktionsmodellierung von Maschinen und Anlagen.....	83
5.1	Kapitelüberblick.....	83
5.2	Beschreibungsmittel und Modellierungstechniken	83
5.2.1	Anforderungsanalyse	83
5.2.2	Bewertung	84
5.3	Methode für die Funktionsmodellierung	86
5.3.1	Allgemeines	86
5.3.2	Bestandteile des Metamodells	87
5.3.3	Modellierung der Struktur	88
5.3.4	Spezifikation des Verhaltens	89
5.3.5	Geometriemodell.....	95
5.3.6	Kinematische Beziehungen.....	97
5.3.7	Materialfluss	98
5.3.8	Bedienerschnittstelle	100
5.3.9	Bibliotheksmechanismus	100
5.3.10	Simulation des Funktionsmodells.....	101
5.4	Bezug zur Konstruktionsebene	101
5.4.1	Technisches Ressourcenmodell	101
5.4.2	Aktoren	102
5.4.3	Sensoren.....	103
5.4.4	Kopplung zur Steuerungsebene	104

5.5	Vorgehensmodell	106
5.5.1	Konkretisierung des Vorgehensmodells	106
5.5.2	Modellbildung in der Grobplanungsphase	107
5.5.3	Modellbildung in der Feinplanungsphase	112
5.6	Zusammenfassung	116
6	Teilautomatisierte Modellerstellung	117
6.1	Kapitelüberblick	117
6.2	Konzeptbeschreibung	117
6.3	Nutzung von CAD-Daten	119
6.3.1	Grundsätzliches zu CAD-Systemen	119
6.3.2	Nutzbare Informationen der CAD-Systeme für die Simulation	120
6.3.3	Datenaustausch zwischen den CAD-Systemen und dem Funktionsmodell	121
6.3.4	Definition eines Austauschformates	123
6.3.5	Konstruktionsrichtlinien	125
6.3.6	Querbeziehungen zwischen Funktions- und Konstruktionsebene	127
6.3.7	Konsistenz von Funktions- und Konstruktionsmodellen	129
6.4	Automatisierte Erweiterung des Funktionsmodells mit MCAD- Daten	130
6.4.1	Konzept für die Integration der MCAD-Daten	130
6.4.2	Modelltransformation mit Hilfe der MCAD-Daten	132
6.4.3	Übernahme von Modellparametern	134

6.4.4	Kinematische Freiheitsgrade.....	138
6.4.5	Detektoren und Bindings	141
6.4.6	Visualisierung und Geometriemodell	145
6.5	Automatisierte Erweiterung des Funktionsmodells mit E/FCAD-Daten.....	152
6.5.1	Konzept für die Integration der E/FCAD-Daten.....	152
6.5.2	Modelltransformation mit Hilfe der E/FCAD-Daten	154
6.5.3	Integration der Aktordaten.....	155
6.5.4	Integration der Sensordaten	167
6.5.5	Anpassung des Technischen Ressourcenmodells.....	168
6.6	Automatische Generierung des VIBN-Modells	170
6.6.1	Ansatz zur Modellgenerierung.....	170
6.6.2	Ausleitung des VIBN-Modells	171
6.6.3	Steuerungskopplung, Visualisierung und Bedienung.....	172
6.6.4	Änderungen am Modell	174
6.7	Modelltest	174
6.7.1	Testmethoden.....	174
6.7.2	Test der Simulationsmodelle	176
6.8	Generierung rudimentärer Konstruktionsmodelle.....	179
6.9	Zusammenfassung	181
7	Prototypische Umsetzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	183
7.1	Kapitelüberblick.....	183
7.2	Entwicklungs- und Simulationsumgebung.....	183

7.2.1	Funktionsmodellierung	183
7.2.2	CAD-Datenintegration und VIBN-Simulator	185
7.3	Anwendungsbeispiele	187
7.3.1	Allgemeines.....	187
7.3.2	Hauptzeitparalleles Rüsten einer Werkzeugmaschine	187
7.3.3	Be- und Entladesystem einer Schleifmaschine	191
7.4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	194
7.4.1	Allgemeines.....	194
7.4.2	Bewertung des wirtschaftlichen Aufwandes.....	194
7.4.3	Bewertung des wirtschaftlichen Nutzens.....	195
7.5	Zusammenfassung.....	199
8	Zusammenfassung und Ausblick.....	201
8.1	Zusammenfassung.....	201
8.2	Ausblick	203
9	Literaturverzeichnis.....	205
10	Anhang.....	227
10.1	XML-Austauschformat für CAD-Daten	227
10.1.1	Mechanik.....	227
10.1.2	Elektrotechnik und Fluidik.....	229
10.2	Firmen- und Herstellerverzeichnis.....	231

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Grundprinzip der Virtuellen Inbetriebnahme (VIBN).....	3
Abbildung 1.2:	Fehler und Kosten bei der Steuerungssoftwareentwicklung nach OESTREICHER (1986).....	4
Abbildung 1.3:	Ansatz zur Integration und Teilautomatisierung der VIBN... 6	
Abbildung 1.4:	Vergleich der Arbeitsabläufe zwischen der Methode auf der Basis des Funktionsmodells und einer konventionellen VIBN	7
Abbildung 1.5:	Gliederung und Aufbau der vorliegenden Arbeit	10
Abbildung 2.1:	Aufbau eines mechatronischen Systems gemäß VDI- RICHTLINIE 2206 (2004)	12
Abbildung 2.2:	Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren nach VDI-RICHTLINIE 2221 (1993)	14
Abbildung 2.3:	Vorgehensmodell nach VDI/VDE-RICHTLINIE 2422 (1994)	15
Abbildung 2.4:	Vorgehen beim Entwickeln mechatronischer Systeme nach VDI-RICHTLINIE 2206 (2004).....	16
Abbildung 2.5:	Wasserfallmodell nach ROYCE (1970) und Spiralmodell in Anlehnung an BOEHM (1988) bzw. vereinfachte Darstellung von LEVI & REMBOLD (2003)	17
Abbildung 2.6:	Vereinfachte Darstellung des Entwicklungsablaufes in der Werkzeugmaschinenindustrie in Anlehnung an GRÄTZ (2005)	18
Abbildung 2.7:	Aufgaben und Ziele der Inbetriebnahme nach WEBER (2006)	20
Abbildung 2.8:	Ebenen in der Produktionstechnik – Automatisierungs- pyramide in Anlehnung an VOGEL-HEUSER & WANNAGAT (2009)	21

Abbildung 2.9:	Einteilung von elektrischen Steuerungen in Anlehnung an WECK & BRECHER (2006)	22
Abbildung 2.10:	Kontinuierliche und diskrete Signale in Anlehnung an FREY & BOSSERT (2008)	26
Abbildung 2.11:	Beispiel eines endlichen Automaten nach HOFFMANN (2009)	30
Abbildung 2.12:	Beispiel für ein Petri-Netz in Form eines S/T-Netzes	31
Abbildung 2.13:	Beispiele für Statecharts in Anlehnung an HAREL (1987) ..	32
Abbildung 2.14:	Hybrider Automat in Anlehnung an HENZINGER (1996)	34
Abbildung 2.15:	Grundsätzliches Funktionsprinzip der VIBN	39
Abbildung 2.16:	Unterschiede zwischen Hardware-, Software- und Model-in-the-Loop-Simulation	41
Abbildung 2.17:	Aufbau von klassischen VIBN-Modellen	42
Abbildung 2.18:	Aufbau von Aktor- und Sensormodellen für die VIBN	42
Abbildung 2.19:	Modellerstellungsprozess der VIBN	44
Abbildung 3.1:	Einteilung von Softwareprüftechniken in Anlehnung an LIGGESMEYER (2009)	48
Abbildung 3.2:	Beispiel für ein Funktionsobjekt gemäß der Richtlinie für die Funktionsbeschreibung des VDW (VDW-RICHTLINIE 2001)	64
Abbildung 3.3:	Funktionsmodell nach VDI-RICHTLINIE 2222 BLATT 1 (1997)	65
Abbildung 3.4:	Methode der „Prinziplösung“ nach KALLMEYER (1998)	66
Abbildung 4.1:	Ableitung von Anforderungen für die Methode aus den Zielen der vorliegenden Arbeit	72
Abbildung 4.2:	Parallelisierung des Entwicklungsprozesses durch den Einsatz eines Funktionsmodells zur verbesserten disziplinenübergreifenden Kommunikation und Abstimmung	74

Abbildung 4.3:	Berücksichtigung unterschiedlicher Anforderungen in der Grob- und der Feinplanungsphase	75
Abbildung 4.4:	Nutzung von CAD-Daten zur teilautomatisierten Erweiterung der VIBN-Modelle	79
Abbildung 4.5:	Prinzip der automatisierten VIBN-Modellgenerierung auf der Basis des Funktionsmodells	81
Abbildung 4.6:	Konzeptbausteine und Inhalte der vorliegenden Arbeit.....	82
Abbildung 5.1:	Definition der statischen Anteile einer Komponente durch die syntaktische Schnittstelle (AUTOVIBN 2010)	87
Abbildung 5.2:	Definition der dynamischen Anteile einer Komponente durch die semantische Schnittstelle (AUTOVIBN 2010)	88
Abbildung 5.3:	Die Komponente als Strukturierungsmittel der Modellierungstechnik zur Beschreibung von Systemen	89
Abbildung 5.4:	Metamodell der in dieser Arbeit verwendeten Zustandsmaschine (AUTOVIBN 2010)	90
Abbildung 5.5:	Hybrider Automat zur Verhaltensmodellierung eines Antriebs	92
Abbildung 5.6:	Zustandsmaschine einer Förderbandsteuerung mit zwei Transportstrecken.....	93
Abbildung 5.7:	Fehlermodellierung mit Hilfe von Zustandsmaschinen.....	94
Abbildung 5.8:	Abbildung der Geometrie im Funktionsmodell	95
Abbildung 5.9:	Einfluss der Geometrie auf die Funktionalität	96
Abbildung 5.10:	Modellierung von Verbahrbewegungen durch Achsen.....	97
Abbildung 5.11:	Serielle Kinematik eines Portalsystems	98
Abbildung 5.12:	Materialquellen und -senken im Funktionsmodell	99
Abbildung 5.13:	Technisches Ressourcenmodell als Bindeglied zur Konstruktionsebene.....	101

Abbildung 5.14:	Spezifikation von Aktoren im Technischen Ressourcenmodell	103
Abbildung 5.15:	Einteilung von Sensoren im Technischen Ressourcenmodell	104
Abbildung 5.16:	Zuordnung der Schnittstellen des Funktionsmodells zu den realen Steuerungsein- und -ausgängen	105
Abbildung 5.17:	Vorgehensmodell zum Einsatz der Funktionsmodellierung	106
Abbildung 5.18:	Aufbau der Steuerkette eines Pneumatikzylinders	108
Abbildung 5.19:	Modellierung von Aktoren in der Grobplanungsphase	109
Abbildung 5.20:	Funktionsmodell der Grobplanungsphase eines Transportsystems mit drei Förderstrecken und mit Teileausschleusung	109
Abbildung 5.21:	Stark abstrahiertes Grobplanungsmodell eines Greifers ...	110
Abbildung 5.22:	Modellierung von Wirkketten in der Grobplanungsphase am Beispiel einer einfachen Förderstrecke.....	111
Abbildung 5.23:	Geometriemodell der Feinplanungsphase.....	113
Abbildung 5.24:	Modellierung von Aktoren in der Feinplanungsphase	113
Abbildung 5.25:	Modell der Feinplanungsphase eines pneumatischen Greifers	114
Abbildung 5.26:	Komponentenstruktur des Förderbandes in der Feinplanung	115
Abbildung 6.1:	Konzept zur Generierung von VIBN-Modellen	118
Abbildung 6.2:	Kopplungsmöglichkeiten von Funktionsmodell und CAD	121
Abbildung 6.3:	Integration der CAD-Daten in das Funktionsmodell über Zwischenformate	122
Abbildung 6.4:	XML-Schema für den Datenaustausch zwischen Funktionsmodell und MCAD-Systemen	124

Abbildung 6.5:	XML-Schema für den Datenaustausch zwischen Funktionsmodell und E/FCAD-Systemen	125
Abbildung 6.6:	Anlegen von Achsen, Detektoren und Bindings im CAD	127
Abbildung 6.7:	Modell der Beziehungen zwischen Funktionsmodell und CAD	128
Abbildung 6.8:	Konsistenzprüfung der Aktoren und der Sensoren	129
Abbildung 6.9:	Automatisierte Integration von MCAD-Daten	130
Abbildung 6.10:	Erweiterung von Aktoren im Funktionsmodell mit Informationen aus dem MCAD-System	131
Abbildung 6.11:	Prinzip der Modellmodifikation nach STAHL & VÖLTER (2005)	132
Abbildung 6.12:	Prinzip der Modelltransformation nach STAHL & VÖLTER (2005)	133
Abbildung 6.13:	Prinzip des Model-Weavings nach Stahl & Völter (2005)	133
Abbildung 6.14:	Transformation des Funktionsmodells durch Integration der MCAD-Daten.....	134
Abbildung 6.15:	Integration von technischen Parametern aus dem MCAD-Modell in das Funktionsmodell.....	135
Abbildung 6.16:	Transformationsregeln zum Einbinden der Parameter aus dem MCAD-Modell in die Variablenliste der hybriden Automaten – Vereinfachte Darstellung des Metamodells in Anlehnung an AUTOVIBN (2010) bzw. HUMMEL (2011)	137
Abbildung 6.17:	Integration der Bewegungsachsen aus dem MCAD-Modell in das Funktionsmodell	139

Abbildung 6.18:	Transformationsregeln zum Anpassen der Bewegungsachsen und -pfade mit Daten aus dem MCAD-Modell – Vereinfachte Darstellung des Metamodells in Anlehnung an AUTOVIBN (2010) bzw. HUMMEL (2011)	140
Abbildung 6.19:	Integration der Detektoren aus dem MCAD-Modell in das Funktionsmodell	142
Abbildung 6.20:	Transformationsregeln zum Anpassen der Detektoren und der Bindings mit Daten aus dem MCAD-Modell – Vereinfachte Darstellung des Metamodells in Anlehnung an AUTOVIBN (2010)	144
Abbildung 6.21:	Integration der Geometrie aus dem MCAD-Modell in die Parts des Funktionsmodells	146
Abbildung 6.22:	Transformationsregeln der geometriebeschreibenden Bauteildaten aus dem MCAD-Modell – Vereinfachte Darstellung des Metamodells in Anlehnung an AUTOVIBN (2010).....	148
Abbildung 6.23:	Eingesetzte Algorithmen zur Polygonreduktion – Vertex Clustering und Pair Contraction	151
Abbildung 6.24:	Polygonreduktion mit Hilfe des Vertex Clustering am Beispiel des Gehäuses eines Pneumatikzylinders	151
Abbildung 6.25:	Automatisierte Integration von E/FCAD-Daten in das Funktionsmodell	153
Abbildung 6.26:	Erweiterung von Aktoren im Funktionsmodell mit Informationen aus dem E/FCAD-System.....	154
Abbildung 6.27:	Transformation des Funktionsmodells durch Integration der E/FCAD-Daten	155
Abbildung 6.28:	Automatisierte Erweiterung des Arbeitsgliedes am Beispiel eines doppeltwirkenden Pneumatikzylinders	157
Abbildung 6.29:	Automatisierte Erweiterung des Arbeitsgliedes im Funktionsmodell mit Hilfe der E/FCAD-Daten	158

Abbildung 6.30:	Transformationsregeln zur Detaillierung des Arbeitsgliedes eines Aktors mit Hilfe der E/FCAD-Daten – Vereinfachte Darstellung des Metamodells in Anlehnung an AUTOVIBN (2010) bzw. HUMMEL (2011).....	160
Abbildung 6.31:	Automatisierte Erweiterung der Steuer- und Stellkomponente am Beispiel eines doppelwirkenden Pneumatikzylinders	163
Abbildung 6.32:	Automatisierte Erweiterung der Steuer- und Stellkomponente im Funktionsmodell mit Hilfe der E/FCAD-Daten	164
Abbildung 6.33:	Transformationsregeln zur Erweiterung der Steuer- und Stellkomponente mit Hilfe der E/FCAD-Daten.....	166
Abbildung 6.34:	Erzeugen von Kanälen zum Verbinden von Ports – Ausschnitt des Metamodells in Anlehnung an AUTOVIBN (2010) bzw. HUMMEL (2011).....	167
Abbildung 6.35:	Transformationsregeln für das Technische Ressourcenmodell – Metamodell nach AUTOVIBN (2010).....	169
Abbildung 6.36:	Generierung des VIBN-Modells als C++-Programm auf der Basis des Funktionsmodells	171
Abbildung 6.37:	Berücksichtigung der Maschinenanteile bei der Generierung des VIBN-Modells	172
Abbildung 6.38:	HiL-Kopplung mit Hilfe einer Hardware-Simulationskarte	173
Abbildung 6.39:	Einpflegen von Änderungen am VIBN-Modell durch Neugenerierung	174
Abbildung 6.40:	Funktionsorientiertes und strukturorientiertes Testen von Simulationsmodellen in Anlehnung an LIGGESMEYER (2009)	175
Abbildung 6.41:	Teststrategie und Vorgehen beim Prüfen der unterschiedlichen Modelle	178
Abbildung 6.42:	Generierung eines MCAD-Modells mit Hilfe der Daten aus dem Funktionsmodell.....	180

Abbildung 7.1:	Editor des Werkzeugprototyps zur Funktionsmodellierung	184
Abbildung 7.2:	Simulationsmodus des Funktionsmodells.....	184
Abbildung 7.3:	Prinzipielle Funktionsweise der Softwareprototypen zur Erweiterung des Feinplanungsmodells mit Hilfe von CAD- Daten.....	186
Abbildung 7.4:	Hauptzeitparalleles Rüsten einer Werkzeugmaschine der Firma Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH.....	188
Abbildung 7.5:	Grobplanungs-, Feinplanungs- und detailliertes VIBN- Modell des hauptzeitparallelen Rüstens	188
Abbildung 7.6:	Versuchsaufbau bei der Firma Heller – HiL-Teststand.....	189
Abbildung 7.7:	Modellierung komplexer Verfährprofile und Materialflüsse	189
Abbildung 7.8:	Vergleich eines konventionellen Simulationsansatzes mit der hier vorgestellten Methode	190
Abbildung 7.9:	Be- und Entladesystem einer Schleifmaschine für Zahnräder	191
Abbildung 7.10:	Grobplanungs-, Feinplanungs- und detailliertes VIBN- Modell des Be- und Entladesystems einer Schleifmaschine	192
Abbildung 7.11:	Kulisse zur Falschteilerkennung und mechanischer Kipphebel zur Rohteilidentifikation	193
Abbildung 7.12:	Nutzen der entwickelten Methode im Vergleich mit einem konventionellen VIBN-Ansatz	200
Abbildung 10.1:	XML-Schema der Mechanik für Volumenprimitive	227
Abbildung 10.2:	XML-Schema der Mechanik für Punkte und Vektoren im dreidimensionalen Raum	227
Abbildung 10.3:	XML-Schema der Mechanik für Linien und Kreisbögen..	228

Abbildung 10.4:	XML-Schema der Mechanik für Attribute und Detektoren	228
Abbildung 10.5:	XML-Schema der Mechanik für Bewegungsachsen und -pfade.....	229
Abbildung 10.6:	XML-Schema der Elektrotechnik und der Fluidik für Attribute	229
Abbildung 10.7:	XML-Schema der Elektrotechnik und der Fluidik für die Verschaltung von Komponenten.....	230

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Klassifizierung von Systemen nach FREY & BOSSERT (2008)	27
Tabelle 2.2:	Notwendige Daten für die Modellerstellung der VIBN.....	44
Tabelle 2.3:	Nutzen und Aufwand einer VIBN	46
Tabelle 3.1:	Bewertung des Standes der Forschung und der Technik.....	60
Tabelle 5.1:	Bewertung von Modellierungstechniken anhand relevanter Anforderungen hinsichtlich der angestrebten Methode.....	85
Tabelle 6.1:	Nutzbare Informationen in den CAD-Systemen.....	120
Tabelle 6.2:	Übersicht der Transformationsregeln für die einzelnen Elemente eines Arbeitsgliedes	161

1 Einleitung

1.1 Gegenwärtige Situation im Maschinen- und Anlagenbau

Der Maschinen- und Anlagenbau zählt zu den wichtigsten Arbeitgebern in Deutschland. Mit deutlich über 900.000 Beschäftigten, und damit mehr als in allen anderen Industriezweigen, werden vorwiegend Einzelanfertigungen und Kleinserien hergestellt (VDMA 2010). Im Vergleich zur meist preisgünstigeren ausländischen Konkurrenz zeichnen sich die deutschen Produkte vor allem durch eine individuelle Anpassung an die Bedürfnisse des Kunden aus (TOMASZUNAS 1999, KOHRING 1993). Dies spiegelt sich im Entwicklungsaufwand wider, was durch zusätzliche Kosten und einen erhöhten Zeitdruck verdeutlicht wird. Dem gegenüber steht der Anspruch der Hersteller, die Gesamtentwicklungszeiten zu verkürzen, um Marktpositionen zu halten oder auszubauen (ZÄH ET AL. 2005A).

Darüber hinaus tritt ein weiterer grundlegender Trend im Maschinen- und Anlagenbau zutage. Die Produkte werden in zunehmendem Maße durch die Steuerungssoftware geprägt, deren Anteil in den vergangenen Jahrzehnten stetig angewachsen ist (GLAS 1993). Mechanische Wirkprinzipien werden vermehrt durch mechatronische Lösungen substituiert (BAUDISCH ET AL. 2007). Die Funktionserbringung ist nur noch im Zusammenwirken der Einzeldisziplinen Mechanik, Elektrotechnik und Software möglich. Eine Studie des Massachusetts Institute of Technology (MIT) sieht in der Mechatronik eine Zukunftstechnologie, der eine weiter steigende Bedeutung zugemessen wird (MIT 2003). Im Maschinenbau werden gemäß BENDER (2005) ca. 90 Prozent der wichtigen Innovationen, die nicht nur Detailverbesserungen darstellen, bereits in der Informationstechnik realisiert.

Die Gründe für den verstärkten Einsatz von mechatronischen Komponenten und speziell für den wachsenden Softwareanteil sind vielfältiger Natur. Dies können beispielsweise Kundenanforderungen oder Alleinstellungsmerkmale sein. Insbesondere ist aber die Flexibilität von Softwarelösungen zu nennen. Änderungen der Maschinenfunktionen können in der Steuerungssoftware einfacher als in der Maschinenhardware vorgenommen werden und implizieren keine konstruktiven Anpassungen. Deshalb werden häufig Fehler aus vorgelagerten Entwicklungsschritten softwareseitig ausgeglichen (BENDER 2005, THRAMOUBILDIS 2008).

1.2 Resultierende Problemstellung

Die Funktionsverlagerung in die Steuerungssoftware bringt zwar wesentliche Vorteile mit sich, erhöht allerdings im gleichen Maße die Komplexität der Programme. Abgesehen von der angestrebten Maschinenfunktionalität müssen zusätzlich Sicherheitsaspekte berücksichtigt werden. Hierzu gehören Fehler- und Ausfallszenarien, für die eine korrekte Handhabung zu gewährleisten ist. Der Test von Störfällen gestaltet sich in der industriellen Praxis schwierig, da diese nicht selten einen destruktiven Charakter haben und in Prüfläufen Schäden an der Anlage hervorrufen können. Aus Zeit- und Sicherheitsgründen unterbleibt daher meist eine systematische Untersuchung der Fehlerfälle, was sich unter Umständen negativ in der späteren Betriebsphase auswirkt. Deswegen ist die Software zu einem erheblichen Kostenfaktor herangewachsen, der mitunter einen Großteil der Entwicklungsaufwendungen ausmacht (BENDER 2005, KUPPINGER 2006).

Hierbei stellt sich die Frage, wie eine derart komplexe und umfangreiche Software noch ausreichend getestet werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass die Entwicklungsprozesse der Maschinen- und Anlagenhersteller klassischer Weise sequenziell aufgebaut sind (GRÄTZ 2005). Die Softwareentwicklung findet sehr spät, als nachgelagerte Phase der Mechanik- und der Elektrokonstruktion, statt. Während der Inbetriebnahme kann erstmals das Zusammenwirken der Einzeldisziplinen überprüft werden. Dabei müssen Fehler aus den vorangegangenen Entwicklungsschritten kompensiert werden. Dies erhöht den Zeitdruck beträchtlich, zumal auch organisatorische Belange eine wichtige Rolle spielen, da in der Regel vor Ort, beim Kunden, gearbeitet werden muss (WÜNSCH 2008). Darüber hinaus verursacht in diesem Stadium die fast fertiggestellte Maschine erhebliche Kapitalbindungskosten (EVERSHEIM & SOSENHEIMER 1987).

Als Lösung der beschriebenen Problemstellung wurden in den letzten Jahren simulationsgestützte Ansätze entwickelt. Mit Hilfe virtueller Maschinenmodelle, die statt der realen Maschine an die Steuerung gekoppelt werden, lässt sich die Software frühzeitig im Entwicklungsprozess testen, siehe Abbildung 1.1. Die Methode ist unter dem Begriff *Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN)* bekannt. Nach ZÄH ET. AL (2005B) besteht deren Grundprinzip aus einer Vorwegnahme der Steuerungsinbetriebnahme an einem virtuellen Modell der mechanischen, hydraulischen, pneumatischen und elektrischen Bestandteile einer Maschine.

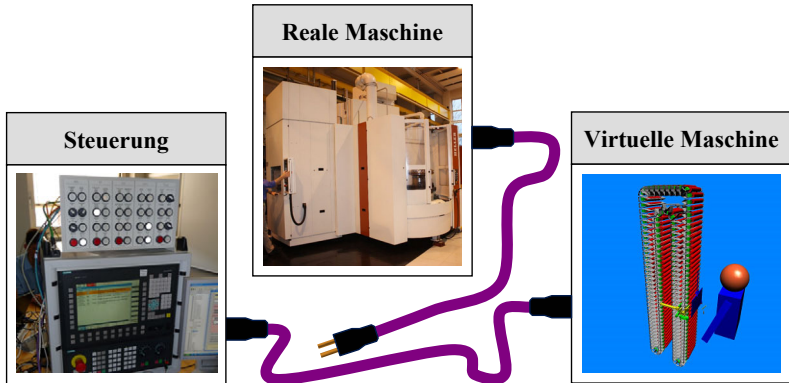


Abbildung 1.1: Grundprinzip der Virtuellen Inbetriebnahme (VIBN)

Trotz zahlreicher Vorteile konnte sich die VIBN bisher noch nicht als qualitätssichernde Maßnahme flächendeckend im industriellen Umfeld durchsetzen. Dies begründet sich vor allem in der aufwendigen Modellerstellung, die sich sehr zeit- und personalintensiv gestaltet (KIEFER 2007, SPITZWEG 2009). Der Modellierungsprozess ist durch eine manuelle Vorgehensweise geprägt und erfährt bestenfalls durch proprietäre Bibliotheksmechanismen Unterstützung. Zudem erweist sich die Integration der VIBN in den Entwicklungsprozess als problematisch. Da für die Erstellung der Simulationsmodelle detaillierte Informationen über die Maschine notwendig sind, wird damit erst nach Abschluss der Mechanik- und der Elektrokonstruktion begonnen. Eine automatisierte Auswertung dieser Daten findet in der Regel nicht statt. Die sequenziell aufgebauten Entwicklungsprozesse der Maschinen- und Anlagenbauer führen somit zu einem späten Einsatz der Simulationsmethode, was deren Nutzen erheblich verringert. Für sehr umfangreiche und materialflussintensive Systeme ist die Modellerstellung in einem derart kurzen Zeitrahmen teilweise nicht mehr möglich.

Des Weiteren kann die VIBN in den späten Phasen nur noch zum Test für eine vorgegebene Funktionalität verwendet werden. Ob sich jedoch die Funktion hätte einfacher oder sicherer gestalten lassen, ist nicht mehr Teil des Prüfverfahrens. Dies resultiert daraus, dass eventuell notwendige Konstruktionsänderungen auf Grund der hohen Folgekosten nicht mehr vollzogen werden. Ein Großteil der Fehler entsteht bei der Steuerungssoftwareentwicklung allerdings schon während der Spezifikation der Steuerungsaufgabe und nicht erst bei der Programmierung (WECK & BRECHER 2006). Daher würde sich ein frühestmöglichster Simulations-

einsatz wirtschaftlich lohnen. Abbildung 1.2 zeigt, dass durch die frühe Fehlerverursachung und die späte Beseitigung der Fehler die Kosten für den Test bzw. die Inbetriebnahme sehr hoch ausfallen (OESTREICHER 1986).

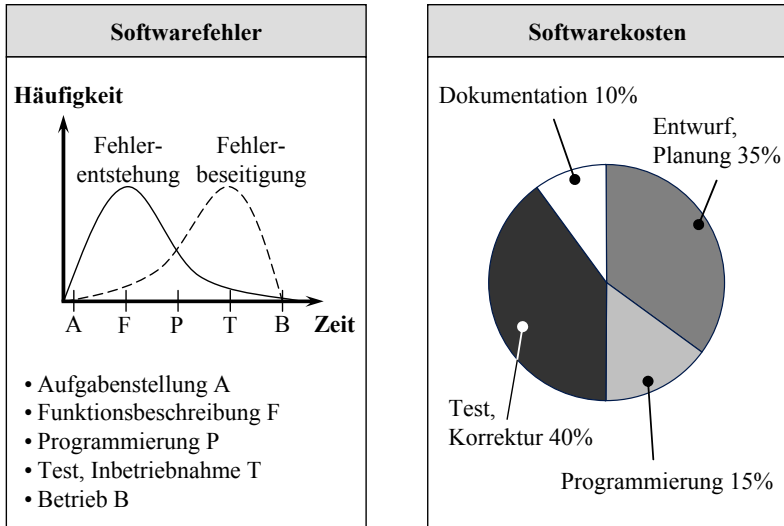


Abbildung 1.2: Fehler und Kosten bei der Steuerungssoftwareentwicklung nach OESTREICHER (1986)

1.3 Zielsetzung und Vorgehensweise

Basierend auf den im vorangegangenen Abschnitt erläuterten Problemstellungen wird für die vorliegende Arbeit die Zielsetzung formuliert. Es soll eine Methode entwickelt werden, die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnet:

1. **Frühzeitige Integration der Modellbildung und der Simulation in den Entwicklungsprozess**
2. **Entwicklungsbegleitende Vorgehensweise**
3. **Teilautomatisierte Ableitung von VIBN-Modellen**
4. **Integration von Störszenarien**

Die Simulation ist frühzeitig in den Entwicklungsprozess zu integrieren, da sich ansonsten deren Vorteile durch die aufwendige Modellerstellung egalieren. Dadurch lassen sich bereits in der Planungs- und der Projektierungsphase, noch bevor die Konstruktionsarbeit begonnen hat, anvisierte technische Lösungen auf deren prinzipielle Realisierbarkeit und Widerspruchsfreiheit prüfen. Somit können konzeptionelle Fehler rechtzeitig erkannt und beseitigt werden. Des Weiteren wird eine entwicklungsbegleitende Vorgehensweise angestrebt. Die Steuerungssoftwareentwicklung soll parallelisiert zur Mechanik- und zur Elektrokonstruktion stattfinden können, wobei dies durch zweckmäßige Modelle zu unterstützen ist. Das VIBN-Modell für den Steuerungstest soll weitestgehend automatisch erzeugt werden. Außerdem wird eine einfache Berücksichtigung von Störszenarien intendiert, die bisher wegen des hohen Aufwandes in der industriellen Praxis meist vernachlässigt wurden.

Um die oben genannten Ziele zu erfüllen, wird die in Abbildung 1.3 dargestellte Methode verfolgt. Das im Rahmen der Arbeit entwickelte Verfahren ist für den Maschinen- und Anlagenbau ausgelegt, wobei Systeme mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) adressiert werden. Eine Übertragbarkeit auf andere Bereiche ist prinzipiell möglich, wurde aber nicht explizit betrachtet. Die Basis der Methode bilden die vier Modellkategorien Funktions-, Mechanik-CAD-(MCAD), Elektro-CAD-(ECAD) und VIBN-Modell. Da in modernen ECAD-Werkzeugen häufig auch die Fluidik projektiert werden kann, wird das dort hinterlegte Modell im weiteren Verlauf als E/FCAD-Modell bezeichnet. Das Grundprinzip der Methode besteht darin, eine Maschine zu Beginn des Entwicklungsprozesses durch ein abstraktes und schnell erstellbares Funktionsmodell zu beschreiben. Daraus können bereits erste, grobe VIBN-Modelle abgeleitet werden. Die im Laufe der Konstruktionsphase anfallenden Daten dienen im Anschluss der teilautomatisierten Erweiterung und werden in das Funktionsmodell rückgeführt, welches dann wiederum für die Generierung wesentlich detailgetreuerer VIBN-Modelle nutzbar ist.

Das Funktionsmodell wird in der Planungs- und der Projektierungsphase erstellt und umfasst sowohl das Steuerungs- als auch das Maschinenverhalten. Darüber hinaus können darin ebenfalls die Störszenarien spezifiziert werden. Mit Hilfe der Simulation ist eine Beurteilung des Gesamtverhaltens möglich. Des Weiteren fungiert das Funktionsmodell als Eingangsinformation für die disziplinspezifischen Entwicklungsstränge. Es kann entwicklungsbegleitend als Abstimmungs- und Kommunikationsmittel eingesetzt werden. KORN (1996) geht davon aus, dass 40 bis 50 Prozent der Arbeitszeit interdisziplinärer Entwicklungsprojekte

dazu angewendet werden, um Daten auszutauschen und Prozesse zu synchronisieren. Zur besseren Koordination und zur Diskussion zwischen den beteiligten Fachbereichen kann das Funktionsmodell einen Beitrag leisten, wodurch sich dessen Erstellung zusätzlich amortisiert.

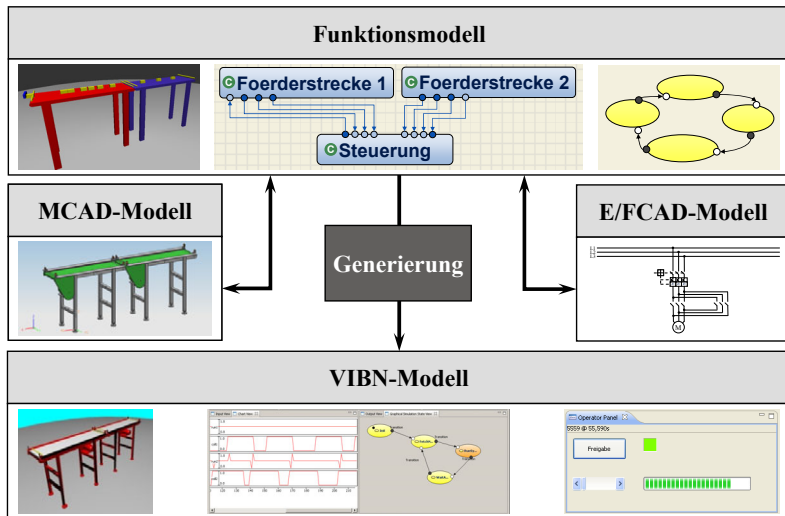


Abbildung 1.3: Ansatz zur Integration und Teilautomatisierung der VIBN

Durch den Einsatz des Funktionsmodells ergibt sich im Vergleich zur klassischen VIBN, wie sie in der Industrie zum Einsatz kommt, ein stark veränderter Arbeitsablauf. In Abbildung 1.4 sind die unterschiedlichen Abfolgen der einzelnen Schritte gegenübergestellt. Die in dieser Dissertation beschriebene Methode auf der Basis des Funktionsmodells kommt wesentlich früher zum Einsatz, als dies bei einer konventionellen VIBN der Fall ist, die eher einen nachgelagerten Prozess verkörpert. Dadurch können Änderungen rechtzeitig berücksichtigt werden. Diese Möglichkeit ist im Hinblick auf einen herkömmlichen VIBN-Ansatz in der Regel nicht mehr gegeben, da die Modellerstellung auf die Ergebnisse der vorangegangenen Konstruktionsarbeiten aufbaut. Bedingt durch die hohen Kosten werden Iterationsschleifen zur konstruktiven Optimierung einer Maschine in der Praxis vermieden. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden verglichenen Methoden besteht darin, dass das Funktionsmodell für weitere Entwicklungstätigkeiten (z. B. als übergreifender Informationsspeicher) verwendbar ist und daraus das VIBN-Modell automatisch generiert werden kann.

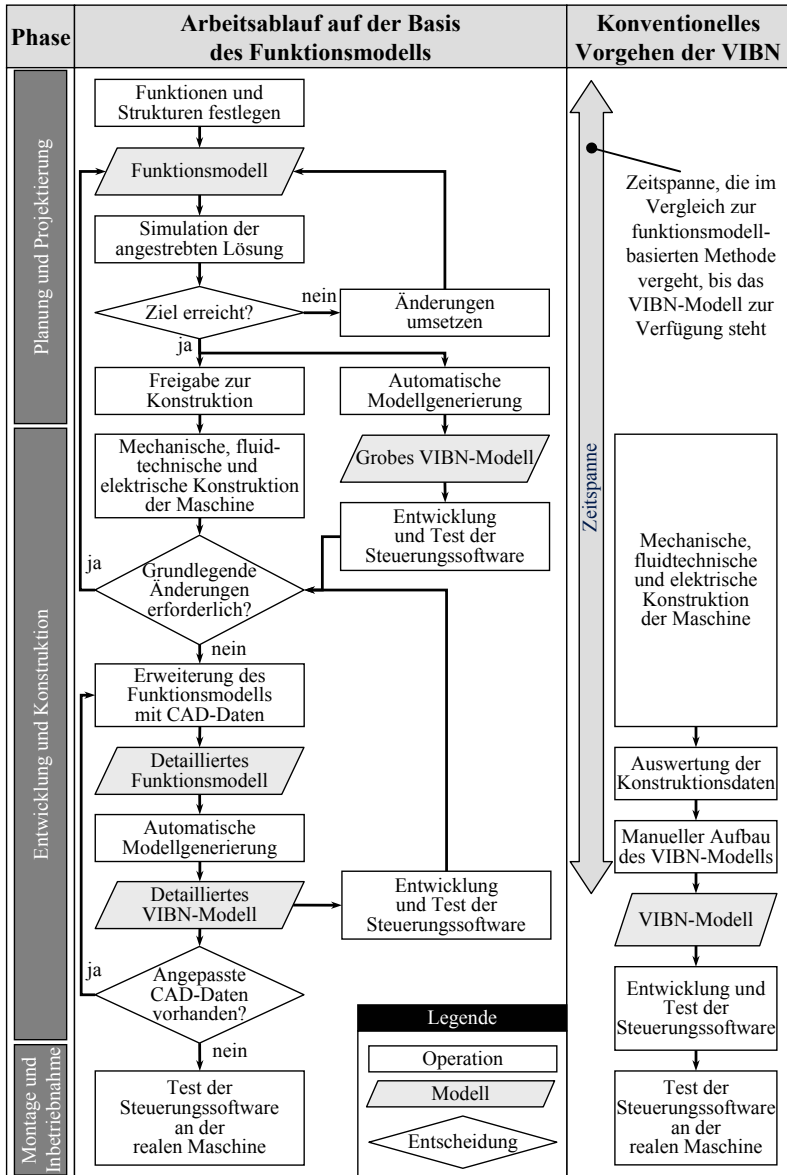


Abbildung 1.4: Vergleich der Arbeitsabläufe zwischen der Methode auf der Basis des Funktionsmodells und einer konventionellen VIBN

Zur Umsetzung der erläuterten Methode können vier wesentliche Handlungsbe-
reiche ausgemacht werden, an denen sich der grundlegende Aufbau der vorlie-
genden Arbeit orientiert:

- Modellierungstechnik

Für die Funktionsmodellierung ist eine geeignete Beschreibungstechnik
erforderlich, mit Hilfe derer sich sowohl das Steuerungs- als auch das
Maschinenverhalten abbilden lassen. Zudem müssen essenzielle Aspek-
te, wie beispielsweise der Materialfluss, integriert werden können.

- Vorgehensmodell

Das Vorgehen unter Einsatz der Modellierungstechnik ist zu strukturie-
ren. Dies umfasst die Gliederung in einzelne Phasen sowie die Definiti-
on von Modellierungsrichtlinien.

- Integration von CAD-Daten

Das Funktionsmodell soll mit CAD-Daten angereichert werden. Hierzu
sind Konstruktionsrichtlinien notwendig, die den Automatisierungsgrad
der Datenübernahme erhöhen. Zudem ist die Konsistenz der Informatio-
nen sicherzustellen.

- Automatische Generierung des VIBN-Modells

Auf der Grundlage des Funktionsmodells sollen VIBN-Modelle abgelei-
tet werden. Dafür sind zusätzliche Informationen notwendig, die bei der
Generierung mit eingebunden werden müssen, wie z. B. die Kopplung
zur Steuerung.

1.4 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in acht inhaltliche Kapitel, welche in
Abbildung 1.5 aufgelistet sind. In Kapitel 1 wurden zunächst die Ausgangssitua-
tion und die Problemstellung im Maschinen- und Anlagenbau beschrieben. An-
schließend wurde beruhend darauf die Zielstellung definiert und ein prinzipieller
Lösungsansatz skizziert.

Das zweite Kapitel soll die Grundlagen im Hinblick auf die VIBN vermitteln.
Dazu werden die Entwicklungsprozesse von Produktionsmaschinen analysiert,

das steuerungstechnische Basiswissen zusammengefasst sowie die Prinzipien der Modellbildung und der Simulation näher betrachtet. Darauf aufbauend wird die VIBN in allen Einzelheiten vorgestellt. Dies umfasst sowohl die wesentlichen Grundsätze als auch deren Spezifika in Bezug auf die Modellbildung.

In Kapitel 3 wird der Stand der Forschung und der Technik ausführlich dargestellt. Neben simulationsbasierten Ansätzen, die im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen, werden zudem weitere Prüfmöglichkeiten für Steuerungssoftware geschildert. Beruhend auf den dort gewonnenen Erkenntnissen wird der Handlungsbedarf für die VIBN konkretisiert. Darüber hinaus wird als zweiter Schwerpunkt die abstrakte Modellierung von Maschinen und Anlagen in frühen Entwicklungsphasen unter funktionalen Gesichtspunkten aufgegriffen.

Die Beschreibung des konzeptionellen Hintergrundes der hier vorgestellten Methode ist in Kapitel 4 realisiert, welches als Überblick für die dedizierte Ausarbeitung in den sich anschließenden Kapiteln fungiert. Es beinhaltet die Integration des Ansatzes in den Entwicklungsprozess, die genauere Bestimmung einer geeigneten Modellierungstechnik, die automatisierte Nutzung vorhandener Konstruktionsdaten für die Modellbildung sowie die Ableitung von Simulationsmodellen für die VIBN.

Die detaillierte Darstellung und die Umsetzung der Methode in allen Einzelheiten findet sich in den Kapiteln 5 und 6. Dabei widmet sich das fünfte Kapitel der funktionalen Modellierung von Maschinen und Anlagen. Vorab werden die Anforderungen an die Modellierungstechnik definiert und gängigen Beschreibungsformen gegenübergestellt. Im Anschluss daran werden die hier entwickelte Modellierungstechnik und das zugehörige Vorgehensmodell präsentiert. Das sechste Kapitel behandelt die CAD-Datenerweiterung des Funktionsmodells und die automatisierte Ableitung des VIBN-Modells.

In Kapitel 7 werden die Werkzeugprototypen (Softwarewerkzeuge) und zwei industrielle Anwendungsbeispiele vorgestellt, welche zur Validierung der beschriebenen Methode dienen. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung rundet das Kapitel ab und soll eine Einordnung der erzielten Ergebnisse ermöglichen.

Das achte Kapitel fasst die Methode sowie die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen und gibt Impulse für zukünftigen Forschungsbedarf.

1 Einleitung	<ul style="list-style-type: none">• Ausgangssituation• Problemstellung• Zielsetzung und Lösungsansatz
2 Grundlagen	<ul style="list-style-type: none">• Entwicklungsprozesse und Steuerungstechnik• Modellbildung und Simulation• Grundlagen der VIBN
3 Stand der Forschung und der Technik	<ul style="list-style-type: none">• Prüfung von Steuerungssoftware• Simulationsbasierte Testmethoden• Planung und Konzeption im Maschinenbau
4 Konzept	<ul style="list-style-type: none">• Integration in den Entwicklungsprozess• Funktionsmodellierung• Erweiterung und Ableitung des VIBN-Modells
5 Funktionsmodellierung von Maschinen und Anlagen	<ul style="list-style-type: none">• Anforderungen an die Beschreibungstechnik• Vorstellung der Modellierungstechnik• Vorgehensmodell
6 Teilautomatisierte Modellerstellung	<ul style="list-style-type: none">• Austauschformat für CAD-Daten• Erweiterung des Funktionsmodells• Ableitung des VIBN-Modells
7 Prototypische Umsetzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	<ul style="list-style-type: none">• Entwickelte Softwarewerkzeuge• Anwendungsbeispiele• Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
8 Zusammenfassung und Ausblick	<ul style="list-style-type: none">• Zusammenfassung der Methodik• Bewertung der Ergebnisse• Weiterer Forschungsbedarf

Abbildung 1.5: Gliederung und Aufbau der vorliegenden Arbeit

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 flexibler 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 *Wrb, 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 Rechnernetz 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 Karosserieteilen 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 *Kupac, 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 *Gatz, 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
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.*
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 Zustandsregelung elektrischer
Vorschubantriebe
1992 · 89 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-44441-2
- 52 *Glaas, W.*
Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung
1992 · 67 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-55749-0
- 53 *Helm, H.J.*
Ein Verfahren zur On-Line Fehlererkennung und Diagnose
1992 · 60 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-55750-4
- 54 *Lang, Ch.*
Wissensbasierte Unterstützung der
Verfügbarkeitsplanung
1992 · 75 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55751-2
- 55 *Schuster, G.*
Rechnergestütztes Planungssystem für die flexibel
automatisierte Montage
1992 · 67 Abb. · 135 Seiten · ISBN 3-540-55830-6
- 56 *Bomm, H.*
Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum
Investitioncontrolling komplexer Produktionssysteme
1992 · 87 Abb. · 195 Seiten · ISBN 3-540-55964-7
- 57 *Wendt, A.*
Qualitätssicherung in flexibel automatisierten
Montagesystemen
1992 · 74 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-56044-0
- 58 *Hansmaier, H.*
Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung
1993 · 67 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-56053-2
- 59 *Dilling, U.*
Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch
Wirtschaftssimulationen
1993 · 72 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56307-5

- 60 *Strohmayr, R.*
Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von
Zubringeinrichtungen
1993 · 80 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-56652-X
- 61 *Glas, J.*
Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer
Zellenrechnersoftware
1993 · 80 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-56890-5
- 62 *Stetter, R.*
Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur
Effizienzsteigerung des Industrieroboteinsatzes
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1
- 63 *Dirndorfer, A.*
Robotersysteme für 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 *Rath, P.*
Programmierung und Simulation von Zellenabläufen in
der Arbeitsvorbereitung
1995 · 51 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58223-1
- 78 *Engel, A.*
Strömungstechnische Optimierung von
Produktionssystemen durch Simulation
1994 · 69 Abb. · 160 Seiten · ISBN 3-540-58258-4
- 79 *Zah, M. F.*
Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen
1995 · 95 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-58624-5
- 80 *Zwenzer, 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 Produktionzellen
1995 · 64 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-58869-8
- 85 *Simon, D.*
Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung
und logistisches Störungsmanagement
1995 · 77 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-58942-2
- 86 *Nedeljkovic-Groha, V.*
Systematische Planung anwendungsspezifischer
Materialflußsteuerungen
1995 · 94 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-58953-8
- 87 *Rockland, M.*
Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in
Montageanlagen
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58999-6
- 88 *Linner, St.*
Konzept einer integrierten Produktentwicklung
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1
- 89 *Eder, Th.*
Integrierte Planung von Informationssystemen für
rechnergestützte Produktionssysteme
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6
- 90 *Deutsche, U.*
Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung
in mittelständischen Unternehmen
1995 · 80 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-59337-3
- 91 *Dieterle, A.*
Recyclingintegrierte Produktentwicklung
1995 · 68 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-60120-1

- 92 *Hechl, Chr.*
Personalorientierte Montageplanung für komplexe und variantenreiche Produkte
 1995 · 73 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Albertz, F.*
Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen · Gestellstrukturen
 1995 · 83 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60608-8
- 94 *Trunzer, W.*
Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgesensoren
 1996 · 101 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-60961-X
- 95 *Fichtmüller, N.*
Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme
 1996 · 83 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-60960-1
- 96 *Trucks, V.*
Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen
 1996 · 64 Abb. · 141 Seiten · ISBN 3-540-60599-8
- 97 *Schäffer, G.*
Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme
 1996 · 71 Abb. · 170 Seiten · ISBN 3-540-60958-X
- 98 *Koch, M. R.*
Autonome Fertigungszellen · Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung
 1996 · 67 Abb. · 138 Seiten · ISBN 3-540-61104-5
- 99 *Moctezuma de la Barrera, J.L.*
Ein durchgängiges System zur computer- und rechnergestützten Chirurgie
 1996 · 99 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-61145-2
- 100 *Geuer, A.*
Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung
 1996 · 84 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-61495-8
- 101 *Ebner, C.*
Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement unter Verwendung von Felddaten
 1996 · 67 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-61678-0
- 102 *Pischelsrieder, K.*
Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion
 1996 · 74 Abb. · 171 Seiten · ISBN 3-540-61714-0
- 103 *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.*
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 *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 *Pflob, E.*
Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
 1999 · 69 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-65525-5
- 121 *Spitznagel, J.*
Erfahrungsgel leitete Planung von Laseranlagen
 1999 · 63 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-65896-3

Seminarberichte iw b

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

Seminarberichte iw b 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 Dichtungs montage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten - ISBN 3-931327-26-4
- 27 **Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten - ISBN 3-931327-27-2
- 28 **Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten - ISBN 3-931327-28-0
- 29 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlußseminar**
156 Seiten - ISBN 3-931327-29-9
- 30 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 31 **Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten - ISBN 3-931327-31-0
- 32 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 33 **3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten - ISBN 3-931327-33-7
- 34 **Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten - ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten - ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten - ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - 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 · Strukturodynamik 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 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 Moßmer, 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 Partnernverbänden
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 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 Bohl, 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 Teilerstellung
 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 Fahrner
Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
 2002 · 176 Seiten · 69 Abb. · 13 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0124-0
- 164 Jürgen Höppner
Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler
 2002 · 132 Seiten · 24 Abb. · 3 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0125-9
- 165 Hubert Götte
Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
 2002 · 258 Seiten · 123 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0126-7
- 166 Martin Weißberger
Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
 2002 · 210 Seiten · 86 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0138-0
- 167 Dirk Jacob
Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
 2002 · 200 Seiten · 82 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0142-9
- 168 Ulrich 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 Breitinge
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 Berlek
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 Hartl
Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
 2006 · 140 Seiten · 55 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0611-0
- 198 Bernd Hartmann
Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
 2006 · 208 Seiten · 105 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0615-3
- 199 Michael Schilp
Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
 2006 · 130 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0631-5
- 200 Florian Manfred Grätz
Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
 2006 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0643-9
- 201 Dieter Eireiner
Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
 2006 · 214 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0650-1
- 202 Gerhard Volkwein
Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
 2007 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 Sven Roeren
Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
 2007 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 Henning Rudolf
Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
 2007 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 Stella Clarke-Griebsch
Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
 2007 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 Michael Ehrenstraßer
Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage
 2008 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0743-3

- 207 Rainer Schack
Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
 2008 · 248 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 Wolfgang Sudhoff
Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
 2008 · 276 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 Stefan Müller
Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
 2008 · 240 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 Ulrich Kohler
Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
 2008 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 Klaus Schlickerrieder
Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile
 2008 · 204 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 Niklas Möller
Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme
 2008 · 260 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 Daniel Siedl
Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrenbewegungen
 2008 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 Dirk Ansoerge
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 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 Christian Habicht
Einsatz und Auslegung zeitenfensterbasierter 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
Rührreischweißen 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 · 220 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 · 220 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4128-4
- 253 Paul Gebhard
Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Rührreißschweißen
2011 · 220 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4129-1