

Klemens Konrad Niehues

**Identifikation linearer Dämpfungsmodelle
für Werkzeugmaschinenstrukturen**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 318

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2015

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 Datenverarbeitungs-
anlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser
Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2016

ISBN 978-3-8316-4568-8

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

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	V
Verzeichnis der Formelzeichen	VII
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	5
2.1 Auslegung von Werkzeugmaschinen	5
2.2 Allgemeines zur Dämpfungsmodellierung	8
2.2.1 Dämpfungsarten	8
2.2.2 Dämpfungsmodelle	9
2.2.3 Modellierungsbegriffe	14
2.3 Theoretische Modelle und Identifikationsansätze	15
2.3.1 Lineare Dämpfungsmodelle	15
2.3.2 Dämpfungsmessung	23
2.3.3 Identifikation von Dämpfungsmatrizen	27
2.4 Dämpfungsmodellierung bei Werkzeugmaschinen	30
2.4.1 Übersicht	30
2.4.2 Strukturdämpfung	31
2.4.3 Werkstoffdämpfung	34
2.4.4 Fugendämpfung	37
2.4.5 Dämpfung von Maschinenelementen	42
2.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	49
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	51
3.1 Ziel der Arbeit	51
3.2 Vorgehensweise	53
4 Modellierungs- und Identifikationsmethodik	55
4.1 Problemstellung und Lösungsansatz	55
4.2 Superposition von Dämpfungsgradanteilen	57
4.2.1 Modellannahmen	57
4.2.2 Simulierte Dämpfungswirkung	64
4.2.3 Identifikationsprinzip	69

4.3	Vorgehensmethodik für reale Strukturen	74
4.3.1	Übersicht	74
4.3.2	Festlegung der Montagezustände	76
4.3.3	Dämpfungsmodellierung	79
4.3.4	Parameteridentifikation	83
4.3.5	Validierung	87
4.4	Einbeziehung modaler Messdaten	90
4.4.1	Änderungen im Identifikationsprozess	90
4.4.2	Angepasste Parameteridentifikation	92
4.5	Schlussbetrachtung	97
5	Erweiterungen und Grenzen des Superpositionsprinzips	99
5.1	Allgemeines	99
5.2	Berücksichtigung von Unsicherheiten	100
5.2.1	Unsichere Parameter	100
5.2.2	Fehlerfortpflanzung	101
5.2.3	Monte-Carlo-Methode	102
5.3	Einfluss nicht-proportionaler Dämpfungsanteile	108
5.3.1	Komplexwertigkeit der Eigenvektoren	108
5.3.2	Auswirkungen auf den Frequenzgang	114
5.4	Schlussbetrachtung	118
6	Experimentelle Dämpfungsgradbestimmung	119
6.1	Allgemeines	119
6.2	Einflüsse des Versuchsaufbaus	120
6.2.1	Aufstellung und Aufhängung	120
6.2.2	Aktoren und Sensoren	129
6.3	Messdatenauswertung	133
6.3.1	Identifikation kleiner Dämpfungsgrade	133
6.3.2	Dämpfungsgradbestimmung bei Nichtlinearitäten	141
6.4	Handlungsempfehlungen	149
7	Anwendungsbeispiel	151
7.1	Vorgehensweise	151
7.2	Aufstellung und Material	153
7.2.1	Strukturkomponenten auf Federn	153
7.2.2	Maschinenbett auf Kugeln	158
7.2.3	Maschinenbett auf Keilschuhen	164
7.3	Verschraubte Fugen	165
7.3.1	Führungsschienen und Lagerböcke	165
7.3.2	Maschinenständer	167

7.4	Linearachse	169
7.4.1	Führungsschuhe	169
7.4.2	Kugelgewindetrieb	172
7.5	Gesamtmaschine	178
7.6	Bewertung der Simulationszeiten	185
7.7	Schlussbetrachtung	189
8	Zusammenfassung und Ausblick	193
8.1	Zusammenfassung	193
8.2	Ausblick	195
A	Anhang	197
A.1	Aufstellung eines modalen Zustandsraummodells	197
A.2	Frequenzabhängigkeit allgemein linearer Dämpfungsmodelle	199
A.3	Modelldaten der verwendeten Drei-Massen-Schwinger	201
A.4	Identifikation am Beispiel eines Prüfstandes	202
A.5	Grundlagen der Fehlerfortpflanzung	204
A.6	Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes	207
A.6.1	Identifikation einer Dissipationsquelle	207
A.6.2	Identifikation mehrerer Dissipationsquellen	210
A.7	Untersuchte Montagezustände	211
A.8	Überprüfung der Messdaten auf Korrelation	212
A.9	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen	213
A.10	Verzeichnis betreuter Studienarbeiten	214
	Literaturverzeichnis	215

1 Einleitung

„Werkzeugmaschinen zählen zu den bedeutendsten Produktionsmitteln der metallverarbeitenden Industrie. Ohne die Entwicklung dieser Maschinengattung wäre der heutige hohe Lebensstandard der Industrienationen nicht denkbar.“ (WECK & BRECHER 2006, S. V)

Um den Lebensstandard zu erhalten und diesen auch den aufstrebenden Nationen zu ermöglichen, ist eine stetige Weiterentwicklung dieser Maschinengattung unabdingbar. Die Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschinen wird ständig durch neuartige Werkzeuge und Werkstoffe vorangetrieben, welche jedoch zu immer höheren Prozesskräften führen (BRECHER ET AL. 2009). Um die hohen Anforderungen bezüglich der Arbeitsgenauigkeit einzuhalten, müssen bei der Auslegung die Wechselwirkungen zwischen der nachgiebigen Maschinenstruktur, dem Zerspanungsprozess und den verschiedenen Regelungssystemen berücksichtigt werden (SCHWARZ 2010). Aufgrund des hohen Wettbewerbsdrucks sind zudem die Werkzeugmaschinenhersteller dazu gezwungen, möglichst kurze Entwicklungszeiten zu erreichen und auf kosten- und zeitintensive Versuche am realen Prototyp zu verzichten (SCHNEIDER 2000). Da das größte Potenzial zur Beeinflussung des Maschinenverhaltens in der Entwurfsphase liegt (ALBERTZ 1995), wird angestrebt, dieses bereits möglichst früh im Entwicklungsprozess anhand von virtuellen Prototypen bezüglich der Arbeitsgenauigkeit zu optimieren (ALTINTAS ET AL. 2005; FLEISCHER & BROOS 2004; KIPFMÜLLER 2009; MILBERG & GUSERLE 2005; WITT 2007).

Für die Auslegung von Werkzeugmaschinen stehen mittlerweile verschiedene Simulationstechniken zur Verfügung (ALTINTAS ET AL. 2005). So können für eine Regler- und eine Prozessoptimierung Simulationsmodelle von Struktur, Regelung und Prozess gekoppelt werden (SCHWARZ 2010; SIEDL 2008). Da die Dämpfung einen großen Einfluss auf die Nachgiebigkeit der Maschinenstruktur besitzt, muss in den Simulationsmodellen das Dämpfungsverhalten der Struktur berücksichtigt werden (ALBERTZ 1995; NEBELING 1999).

Die Modellierung der Dämpfung stellt aktuell ein großes Problem dar (GROSSMANN ET AL. 2010; KIPFMÜLLER 2009; VESELY & SULITKA 2009). Weder auf theoretischem noch auf empirischem Wege konnten bisher gesicherte Dämpfungsparameter für Werkzeugmaschinen bestimmt werden (FINKE 1977;

SCHNEIDER 2000; WITT 2007). Die Schwierigkeit besteht meist darin, die Dämpfungswirkung einzelner Bauteile von der Gesamtdämpfung zu trennen.

Eine Möglichkeit bietet der sequenzielle Aufbau einer Maschine (LÖWENFELD 1957). Die Dämpfung einer Drehmaschine für verschiedene Montageschritte ist in Abb. 1.1 veranschaulicht, womit die Dämpfungsänderungen für jeden Montageschritt aufgedeckt werden.

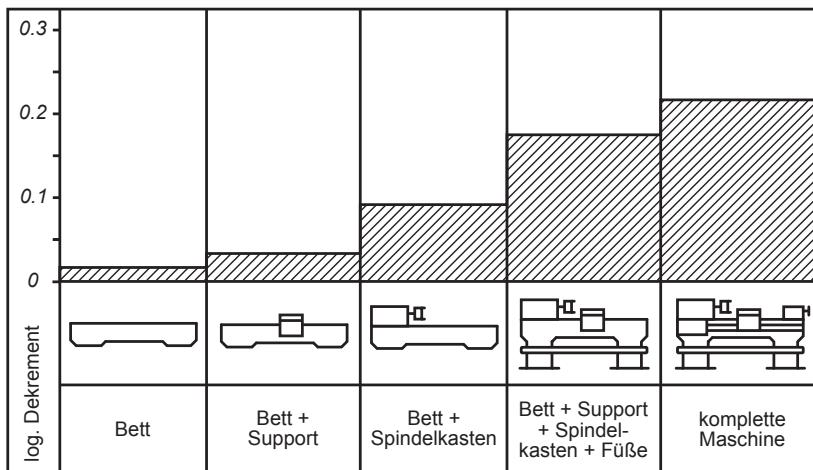


Abb. 1.1: Einfluss der Baukörper auf die Dämpfung einer Drehmaschine (LÖWENFELD 1957)

Daraus lässt sich beispielsweise ableiten, dass die Werkstoffdämpfung nur einen kleinen Anteil an der Dämpfung der Gesamtmaschine besitzt. Da sich jedoch das Schwingungsverhalten mit jedem Montageschritt ändert, lässt sich damit noch nicht identifizieren, wie sich die Dämpfung der Einzelteile verhält und wie sie sich für jeden Montageschritt genau zusammensetzt.

In dieser Arbeit soll das Prinzip des sequenziellen Aufbaus genutzt werden, um die Anteile der Dämpfung einer Werkzeugmaschine zu bestimmen und die Dämpfungswirkung einzelner Bauteile von der Gesamtdämpfung zu trennen. Die Dämpfungsanteile sollen dabei durch geeignete Modelle beschrieben werden. Hierfür soll eine allgemeine Methodik erarbeitet werden, welche auf beliebige Strukturen übertragbar ist. Zur Vereinfachung wird eine ruhende Werkzeugmaschinenstruktur betrachtet. Elektrische Antriebe, Kupplungen sowie jegliche Abdeckungen sind daher nicht Bestandteil des betrachteten Versuchsträgers, so dass die Dämpfung aus der Regelung sowie aus dem Prozess nicht untersucht wird.

Bevor die Methodik vorgestellt wird, soll zunächst im Kapitel 2 (S. 5) der Stand der Technik zur Dämpfungsmodellierung dargelegt werden. Um die Bedeutung der Dämpfung für die Werkzeugmaschinenauslegung genauer einordnen zu können, soll am Anfang ein Einblick in die Auslegungssystematik von Werkzeugmaschinen gegeben werden (Abschnitt 2.1, S. 5). Anschließend werden grundlegende Dämpfungsmodelle sowie Begrifflichkeiten eingeführt (Abschnitt 2.2, S. 8), deren Anwendung auf theoretische Modelle (Abschnitt 2.3, S. 15) sowie auf Werkzeugmaschinen (Abschnitt 2.4, S. 30) weiter vertieft wird. Aus dem Stand der Technik lassen sich konkrete Problemstellungen ableiten (Abschnitt 2.5, S. 49), denen in dieser Arbeit mit der in Kapitel 3 (S. 51) beschriebenen Zielsetzung und Vorgehensweise begegnet werden soll. In Kapitel 4 (S. 55) wird die neue Modellierungs- und Identifikationsmethodik zunächst an einfachen theoretischen Modellen erläutert und anschließend die Vorgehensweise speziell für Werkzeugmaschinen vorgestellt. Entsprechende Erweiterungen der Methodik werden in Kapitel 5 (S. 99) gesondert behandelt. Da die experimentelle Bestimmung der Dämpfung entscheidend die Qualität der identifizierten Dämpfungsmodelle beeinflusst, widmet sich Kapitel 6 (S. 119) den Einflüssen der Dämpfungsgradbestimmung. Alle erarbeiteten Methoden werden in Kapitel 7 (S. 151) auf eine Werkzeugmaschinenstruktur angewendet und deren Dämpfungsanteile bestimmt. Die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit werden abschließend in Kapitel 8 (S. 193) zusammengefasst und die zukünftigen Herausforderungen aufgezeigt.

- 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.:** Erfahrungsgleitete Planung von Laseranlagen
1999 - 63 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-65896-3

Forschungsberichte IWB ab Band 122

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@utzverlag.de, www.utzverlag.de

- 122 **Burghard Schneider:** Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht
formstabiler Bauteile
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-559-9
- 123 **Bernd Goldstein:** Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der
Produktentwicklung
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-546-9
- 124 **Helmut E. Mößner:** Methode zur simulationsbasierten Regelung
zeitvarianter Produktionsysteme
164 Seiten - ISBN 978-3-89675-585-8
- 125 **Ralf-Gunter Gräser:** Ein Verfahren zur Kompensation
temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern
167 Seiten - ISBN 978-3-89675-603-9
- 126 **Hans-Jürgen Trossin:** Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur
Modellbildung in der Produktionstechnik
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-614-5
- 127 **Doris Kugelman:** Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von
Industrierobotern
168 Seiten - ISBN 978-3-89675-615-2
- 128 **Rolf Diesch:** Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von
Fertigungszellen
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-618-3
- 129 **Werner E. Lulay:** Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur
Konstruktion teilautonomer Produktionsstrukturen
190 Seiten - ISBN 978-3-89675-620-6
- 130 **Otto Murr:** Adaptive Planung und Steuerung von integrierten
Entwicklungs- und Planungsprozessen
178 Seiten - ISBN 978-3-89675-636-7
- 131 **Michael Machi:** Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid
Prototyping
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-638-1
- 132 **Bruno H. Mehler:** Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen
Partnerverbünden
152 Seiten - ISBN 978-3-89675-645-9
- 133 **Knut Heitmann:** Sichere Prognosen für die Produktionsoptimierung
mittels stochastischer Modelle
146 Seiten - ISBN 978-3-89675-675-6
- 134 **Stefan Blessing:** Gestaltung der Materialflußsteuerung in
dynamischen Produktionsstrukturen
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-690-9
- 135 **Can Abay:** Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger
Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriereramik
159 Seiten - ISBN 978-3-89675-697-8
- 136 **Stefan Brandner:** Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement
in virtuellen Fabriken
172 Seiten - ISBN 978-3-89675-715-9
- 137 **Arnd G. Hirschberg:** Verbindung der Produkt- und
Funktionsorientierung in der Fertigung
165 Seiten - ISBN 978-3-89675-729-6
- 138 **Alexandra Reek:** Strategien zur Fokuspositionierung beim
Laserstrahlschweißen
193 Seiten - ISBN 978-3-89675-730-2
- 139 **Khalid-Alexander Sabbah:** Methodische Entwicklung
störungstoleranter Steuerungen
148 Seiten - ISBN 978-3-89675-739-5
- 140 **Klaus U. Schlippenbacher:** Konfiguration virtueller
Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen
Kompetenznetzwerken
187 Seiten - ISBN 978-3-89675-754-8
- 141 **Andreas Sprengel:** Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die
Werkzeugmaschinenentwicklung
144 Seiten - ISBN 978-3-89675-757-9
- 142 **Andreas Gallasch:** Informationstechnische Architektur zur
Unterstützung des Wandels in der Produktion
150 Seiten - ISBN 978-3-89675-781-4
- 143 **Ralf Cuiper:** Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung
von automatisierten Montagevorgängen
174 Seiten - ISBN 978-3-89675-783-8
- 144 **Christian Schneider:** Strukturmechanische Berechnungen in der
Werkzeugmaschinenkonstruktion
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-789-0
- 145 **Christian Jonas:** Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten
Planung von Montageanlagen
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-870-5
- 146 **Ulrich Willnecker:** Gestaltung und Planung leistungsorientierter
manueller Fließmontagen
194 Seiten - ISBN 978-3-89675-891-0
- 147 **Christof Lehrer:** Beschreibung des Nd:YAG-
Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss
205 Seiten - ISBN 978-3-8316-0004-5
- 148 **Frank Rick:** Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess
am Beispiel Laserstrahlschweißen
145 Seiten - ISBN 978-3-8316-0008-3
- 149 **Michael Höhn:** Sensorgeführt Montage hybrider Mikrosysteme
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0012-0

- 150 *Jörn Böhl*: Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-0020-5
- 151 *Robert Bürgel*: Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben
185 Seiten · ISBN 978-3-8316-0212-2
- 152 *Stephan Dürschmidt*: Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion
194 Seiten · ISBN 978-3-8316-0023-6
- 153 *Bernhard Eich*: Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung
136 Seiten · ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 *Wolfgang Ruderer*: Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
207 Seiten · ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 *Hans Meier*: Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe
166 Seiten · ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 *Gerhard Nowak*: Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 *Martin Werner*: Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
191 Seiten · ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 *Bernhard Lenz*: Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlenschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung
162 Seiten · ISBN 978-3-8316-0094-6
- 159 *Stefan Grunwald*: Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung
216 Seiten · ISBN 978-3-8316-0095-3
- 160 *Josef Gartner*: Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen
165 Seiten · ISBN 978-3-8316-0096-0
- 161 *Wolfgang Zeller*: Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0100-4
- 162 *Michael Loferer*: Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
178 Seiten · ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 *Jörg Fährer*: Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
176 Seiten · ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 *Jürgen Höppner*: Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsfreier Schallwandler
144 Seiten · ISBN 978-3-8316-0125-7
- 165 *Hubert Götte*: Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
258 Seiten · ISBN 978-3-8316-0126-4
- 166 *Martin Weissenberger*: Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-0138-7
- 167 *Dirk Jacob*: Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0142-4
- 168 *Ulrich Roßgoderer*: System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
175 Seiten · ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 *Robert Klingel*: Anzielverfahren für hochfeste Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen
164 Seiten · ISBN 978-3-8316-0174-5
- 170 *Paul lens Peter Ross*: Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung
144 Seiten · ISBN 978-3-8316-0191-2
- 171 *Stefan von Praun*: Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-0202-5
- 172 *Florian von der Hagen*: Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-0208-7
- 173 *Oliver Kramer*: Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe
212 Seiten · ISBN 978-3-8316-0211-7
- 174 *Winfried Dohmen*: Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0214-8
- 175 *Oliver Anton*: Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsentier Montagesysteme
158 Seiten · ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 *Wolfgang Broser*: Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 *Frank Breitinger*: Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
156 Seiten · ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 *Johann von Pieverling*: Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
163 Seiten · ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 *Thomas Baudisch*: Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 *Heinrich Schieferstein*: Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
132 Seiten · ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 *Joachim Berkak*: Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungsystmen
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 *Christian Meierhofer*: Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
181 Seiten · ISBN 978-3-8316-0292-6
- 183 *Volker Weber*: Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzorientierten Unternehmensnetzwerken
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-0330-5
- 184 *Thomas Bongardt*: Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
170 Seiten · ISBN 978-3-8316-0332-9
- 185 *Tim Angerer*: Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0336-7
- 186 *Alexander Krüger*: Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
197 Seiten · ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 *Matthias Meinrl*: Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing
236 Seiten · ISBN 978-3-8316-0465-4
- 188 *Thomas Fusch*: Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-0467-8
- 189 *Thomas Mosandl*: Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme
182 Seiten · ISBN 978-3-8316-0471-5
- 190 *Christian Patron*: Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0474-6
- 191 *Robert Cisek*: Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionsystemen
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0475-3

- 192 *Florian Auer*: Methode zur Simulation des Laserstrahlenschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
160 Seiten · ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 *Carsten Selke*: Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
137 Seiten · ISBN 978-3-8316-0495-1
- 194 *Markus Seefried*: Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
216 Seiten · ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 *Wolfgang Wagner*: Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 *Christopher Ulrich*: Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 *Johann Härtl*: Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
148 Seiten · ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 *Bernd Hartmann*: Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 *Michael Schilp*: Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0631-3
- 200 *Florian Manfred Grätz*: Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0643-6
- 201 *Dieter Eireiner*: Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
214 Seiten · ISBN 978-3-8316-0650-4
- 202 *Gerhard Volkwein*: Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 *Sven Rooren*: Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 *Henning Rudolf*: Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 *Stella Clarke-Griebisch*: Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 *Michael Ehrensträßer*: Sensorsreinsatz in der telepräsenten Mikromontage
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 *Rainer Schack*: Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 *Wolfgang Sudhoff*: Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
300 Seiten · ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 *Stefan Müller*: Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 *Ulrich Kohler*: Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
246 Seiten · ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 *Klaus Schlickerrieder*: Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile
204 Seiten · ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 *Niklas Möller*: Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionsysteme
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 *Daniel Siedl*: Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrbewegungen
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 *Dirk Ansorge*: Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 *Georg Wünsch*: Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme
288 Seiten · ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 *Thomas Oerli*: Strukturmechanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben
194 Seiten · ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 *Bernd Petzold*: Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsente Mikromontage
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 *Locas Papadakis*: Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 *Mathias Mörtl*: Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 *Sebastian Weig*: Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 *Tobias Hornfeck*: Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 *Hans Egermeier*: Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 *Matthäus Sigl*: Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlsinterns
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 *Mark Hartensteller*: Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets
198 Seiten · ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 *Jochen Werner*: Methode zur roboterbasierten förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 *Florian Hagemann*: Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 *Haitham Rashidy*: Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 *Wolfgang Vogl*: Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern
248 Seiten · ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 *Sonja Schedl*: Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess
176 Seiten · ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 *Andreas Trautmann*: Bifocal Hybrid Laser Welding - A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels
314 Seiten · ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 *Patrick Neise*: Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 *Christian Habicht*: Einsatz und Auslegung zeitfensterbasierter Planungssysteme in überbetrieblichen Wertschöpfungsketten
204 Seiten · ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 *Michael Spitzweg*: Methoden und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0931-4

- 234 *Ulrich Munzert*: Bahnplanungsalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahlschweißen
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0948-2
- 235 *Georg Völlner*: Röhrengeschweißen mit Schwerlast-Industrierobotern
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-0955-0
- 236 *Nils Müller*: Modell für die Beherrschung und Reduktion von Nachfrageschwankungen
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-0992-5
- 237 *Franz Decker*: Unternehmensspezifische Strukturierung der Produktion als permanente Aufgabe
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0996-3
- 238 *Christian Lau*: Methodik für eine selbstoptimierende Produktionssteuerung
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4012-6
- 239 *Christoph Rimpau*: Wissensbasierte Risikobewertung in der Angebotskalkulation für hochgradig individualisierte Produkte
268 Seiten - ISBN 978-3-8316-4015-5
- 240 *Michael Loy*: Modularer Vibrationswendelförderer zur flexiblen Teilezuführung
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4027-0
- 241 *Andreas Ersch*: Konzept eines immersiven Assistenzsystems mit Augmented Reality zur Unterstützung manueller Aktivitäten in radioaktiven Produktionsumgebungen
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-4029-4
- 242 *Florian Schwarz*: Simulation der Wechselwirkungen zwischen Prozess und Struktur bei der Drehbearbeitung
282 Seiten - ISBN 978-3-8316-4030-0
- 243 *Martin Georg Prasch*: Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage
261 Seiten - ISBN 978-3-8316-4033-1
- 244 *Johannes Schipf*: Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4063-8
- 245 *Stefan Lutzmann*: Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahl schmelzens
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4070-6
- 246 *Gregor Branner*: Modellierung transienter Effekte in der Struktursimulation von Schichtbauerfahrungen
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4071-3
- 247 *Josef Ludwig Zimmermann*: Eine Methodik zur Gestaltung berührungsloser arbeitender Handhabungssysteme
186 Seiten - ISBN 978-3-8316-4091-1
- 248 *Clemens Pörnbacher*: Modellgetriebene Entwicklung der Steuerungssoftware automatisierter Fertigungssysteme
280 Seiten - ISBN 978-3-8316-4108-6
- 249 *Alexander Lindworsky*: Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungs begleitenden Steuerungstest
294 Seiten - ISBN 978-3-8316-4125-3
- 250 *Michael Mauderer*: Ein Beitrag zur Planung und Entwicklung von rekonfigurierbaren mechatronischen Systemen – am Beispiel von starren Fertigungssystemen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4126-0
- 251 *Roland Mork*: Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserie teilen in Presswerkten auf Basis Neuronaler Netze
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4127-7
- 252 *Florian Reichl*: Methode zum Management der Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4128-4
- 253 *Paul Gebhard*: Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Röhrengeschweißen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4129-1
- 254 *Michael Heinz*: Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgrefsysteme für die Mikrosystemtechnik
302 Seiten - ISBN 978-3-8316-4147-5
- 255 *Pascal Krebs*: Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4156-7
- 256 *Gerhard Straßer*: Greiftechnologie für die automatisierte Handhabung von technischen Textilien in der Faserverbundfertigung
290 Seiten - ISBN 978-3-8316-4161-1
- 257 *Frédéric-Felix Lacur*: Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen
222 Seiten - ISBN 978-3-8316-4162-8
- 258 *Thomas Hensel*: Modellbasierter Entwicklungsprozess für Automatisierungslösungen
184 Seiten - ISBN 978-3-8316-4167-3
- 259 *Sherif Zaidan*: A Work-Piece Based Approach for Programming Cooperating Industrial Robots
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-4175-8
- 260 *Hendrik Schellmann*: Bewertung kundenspezifischer Mengenflexibilität im Wertschöpfungsnetz
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4189-5
- 261 *Marwan Radj*: Workspace scaling and haptic feedback for industrial telepresence and teleaction systems with heavy-duty teleoperators
172 Seiten - ISBN 978-3-8316-4195-6
- 262 *Markus Rührstorfer*: Röhrengeschweißen von Rohren
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4197-0
- 263 *Rüdiger Daub*: Erhöhung der Nahttiefe beim Laserstrahl-Wärmeleitungsschweißen von Stählen
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-4199-4
- 264 *Michael Ott*: Multimaterialverarbeitung bei der additiven strahl- und pulverbettbasierte Fertigung
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4201-4
- 265 *Martin Ostgathe*: System zur produktbasierten Steuerung von Abläufen in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
278 Seiten - ISBN 978-3-8316-4206-9
- 266 *Imke Nora Kellner*: Materialsysteme für das pulverbettbasierte 3D-Drucken
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4223-6
- 267 *Florian Oefele*: Remote-Laserstrahlschweißen mit brillanten Laserstrahlquellen
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4224-3
- 268 *Claudia Anna Ehinger*: Automatisierte Montage von Faserverbund-Vorformlingen
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4233-5
- 269 *Tobias Zeilinger*: Laserbasierte Bauteilellagebestimmung bei der Montage optischer Mikrokomponenten
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4234-2
- 270 *Stefan Krug*: Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce)
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4243-4
- 271 *Marc Lotz*: Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit beim Schwinggrad-Reibscheiben durch modellbasierte Regelungsverfahren
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 *William Brice Tekouo Moutchivo*: A New Programming Approach for Robot-based Flexible Inspection systems
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4247-2
- 273 *Matthias Waibel*: Aktive Zusatzsysteme zur Schwingungsreduktion an Werkzeugmaschinen
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-4250-2
- 274 *Christian Eschey*: Maschinenspezifische Erhöhung der Prozessfähigkeit in der additiven Fertigung
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4270-0
- 275 *Florian Aull*: Modell zur Ableitung effizienter Implementierungsstrategien für Lean-Production-Methoden
270 Seiten - ISBN 978-3-8316-4283-0
- 276 *Marcus Henauer*: Entwicklungsbegleitende Prognose der mechatronischen Eigenschaften von Werkzeugmaschinen
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4306-6

- 277 *Alexander Götzfried*: Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4310-3
- 278 *Saskia Reinhardt*: Bewertung der Ressourceneffizienz in der Fertigung
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4317-2
- 279 *Fabian J. Meling*: Methodik für die Rekombination von Anlagentechnik
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-4319-6
- 280 *Jörg Egbers*: Identifikation und Adaption von Arbeitsplätzen für leistungsgewandelte Mitarbeiter entlang des Montageplanungsprozesses
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-4328-8
- 281 *Max von Bredow*: Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und des Risikos unternehmensübergreifender Wertschöpfungskonfigurationen in der Automobilindustrie
204 Seiten · ISBN 978-3-8316-4337-0
- 282 *Tobias Philipp*: RFID-gestützte Produktionssteuerungsverfahren für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen
142 Seiten · ISBN 978-3-8316-4346-2
- 283 *Stefan Rainer Johann Brauneuther*: Untersuchungen zur Lasersicherheit für Materialbearbeitungsanwendungen mit brillanten Laserstrahlquellen
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4348-6
- 284 *Johannes Pohl*: Adaption von Produktionsstrukturen unter Berücksichtigung von Lebenszyklen
202 Seiten · ISBN 978-3-8316-4358-5
- 285 *Matthey Wiesbeck*: Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerfahrung
194 Seiten · ISBN 978-3-8316-4369-1
- 286 *Sonja Huber*: In-situ-Legierungsbestimmung beim Laserstrahlschweißen
206 Seiten · ISBN 978-3-8316-4370-7
- 287 *Robert Wiedemann*: Prozessmodell und Systemtechnik für das laserunterstützte Fräsen
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4384-4
- 288 *Thomas Irenhauser*: Bewertung der Wirtschaftlichkeit von RFID im Wertschöpfungsnetz
242 Seiten · ISBN 978-3-8316-4404-9
- 289 *Jens Hatwig*: Automatisierte Bahnanplanung für Industrieroboter und Scanneroptiken bei der Remote-Laserstrahlbearbeitung
196 Seiten · ISBN 978-3-8316-4405-6
- 290 *Matthias Baur*: Aktives Dämpfungssystem zur Ratterunterdrückung an spanenden Werkzeugmaschinen
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-4408-7
- 291 *Alexander Schöber*: Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktursimulation
198 Seiten · ISBN 978-3-8316-4415-5
- 292 *Matthias Glonegger*: Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen
214 Seiten · ISBN 978-3-8316-4419-3
- 293 *Markus Kahnert*: Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahl schmelzen (EBSM)
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 *Sebastian Schindler*: Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4443-6
- 295 *Tobias Föcker*: Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärtens
128 Seiten · ISBN 978-3-8316-4448-3
- 296 *Rüdiger Spiller*: Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion
286 Seiten · ISBN 978-3-8316-4450-6
- 297 *Daniel Schmid*: Röhrebschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen für die Automobilindustrie
300 Seiten · ISBN 978-3-8316-4452-0
- 298 *Florian Karl*: Bedarfsermittlung und Planung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln
222 Seiten · ISBN 978-3-8316-4458-2
- 299 *Philipp Ronald Engelhardt*: System für die RFID-gestützte situationsbasierte Produktionssteuerung in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
246 Seiten · ISBN 978-3-8316-4472-8
- 300 *Markus Graßl*: Bewertung der Energieflexibilität in der Produktion
202 Seiten · ISBN 978-3-8316-4476-6
- 301 *Thomas Kirchmeier*: Methode zur Anwendung der berührungslosen Handhabung mittels Ultraschall im automatisierten Montageprozess
196 Seiten · ISBN 978-3-8316-4478-0
- 302 *Oliver Rösch*: Steigerung der Arbeitsgenauigkeit bei der Fräsbearbeitung metallischer Werkstoffe mit Industrierobotern
214 Seiten · ISBN 978-3-8316-4486-5
- 303 *Christoph Sieben*: Entwicklung eines Prognosemodells zur prozessbegleitenden Beurteilung der Montagequalität von Kolbendichtungen
194 Seiten · ISBN 978-3-8316-4510-7
- 304 *Philipp Alexander Schmidt*: Laserstrahlschweißen elektrischer Kontakte von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-4519-0
- 305 *Yi Shen*: System für die Mensch-Roboter-Koexistenz in der Fließmontage
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-4520-6
- 306 *Thomas Bonin*: Moderne Ordnungsreduktionsverfahren für die Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
274 Seiten · ISBN 978-3-8316-4522-0
- 307 *Jan Daniel Musol*: Remote-Laserstrahl-Abtragschneiden
168 Seiten · ISBN 978-3-8316-4523-7
- 308 *Emin Genc*: Frühwarnsystem für ein adaptives Störungsmanagement
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-4525-1
- 309 *Mirko Langhorst*: Beherrschung von Schweißverzug und Schweißspannungen
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-4524-2
- 310 *Markus Schweier*: Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahloszillation
284 Seiten · ISBN 978-3-8316-4536-7
- 311 *Florian Geiger*: System zur wissensbasierten Maschinenlegungsplanung auf Basis produktsspezifischer Auftragsdaten
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-4537-4
- 312 *Peter Schnellbach*: Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendungen unter Berücksichtigung von Zielgrößen
Ganzheitlicher Produktionsysteme
236 Seiten · ISBN 978-3-8316-4540-4
- 313 *Stefan Schwarz*: Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-4542-8
- 314 *Markus Pröpster*: Methodik zur kurzfristigen Austaktung varianteureicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugbaus
238 Seiten · ISBN 978-3-8316-4547-3
- 315 *Dominik David Simon*: Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum Umformen und Spannen von Kunststoff scheiben und -schalen
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-4548-0
- 316 *Stefan Maurer*: Frühauflärung kritischer Situationen in Versorgungsprozessen
242 Seiten · ISBN 978-3-8316-4554-1

- 317 *Tobias Maier*: Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten
Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von
Werkzeugmaschinen
274 Seiten · ISBN 978-3-8316-4561-9
- 318 *Klemens Konrad Niehues*: Identifikation linearer Dämpfungsmodelle
für Werkzeugmaschinenstrukturen
286 Seiten · ISBN 978-3-8316-4568-8