

Sabine G. Zitzlsberger

**Flexibles Werkzeug zur Umformung von
Polycarbonatplatten unter besonderer
Bachtung der optischen Qualität**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 320

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 978-3-8316-4573-2

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	V
Verzeichnis der Formelzeichen	IX
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Motivation und Zielsetzung	6
1.3 Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen	9
2.1 Thermoformen	9
2.1.1 Erwärmung des Halbzeugs	9
2.1.2 Formgebung	12
2.1.3 Kühlung des Formteils	14
2.2 Polycarbonat	14
2.2.1 Chemischer Aufbau und Eigenschaften	14
2.2.2 Verformungs- und Bruchverhalten	19
2.3 Qualitätsmanagement und -sicherung	22
2.3.1 Definition	22
2.3.2 Qualitätsmanagement	24
2.3.3 Messtechnik und -fehler	26
2.3.4 Statistische Prozesslenkung	27
2.3.5 Versuchsplanung	30
3 Stand der Forschung und Technik	35
3.1 Umformen von glasklaren Thermoplasten	35
3.1.1 Kontaktierende Umformung	35
3.1.2 Hinweise zur Formgebung von Polycarbonat	36
3.2 Wiederverwendbarkeit durch Formflexibilität	37
3.2.1 Formflexible Verfahren	37
3.2.2 Formflexibles Verfahren zur Herstellung von Scheiben aus Polymethylmethacrylat	48

3.3	Kennlichmachung optischer Defekte in transparenten Scheiben	50
3.3.1	Transmission	50
3.3.2	Verzerrungen	52
3.4	Handlungsbedarf	54
4	Vorgehensweise zur Realisierung eines formflexiblen Werkzeugs	59
4.1	Zieldefinition	59
4.2	Methode zur Umsetzung	59
5	Realisierung des formflexiblen Werkzeugs	61
5.1	Halbzeug	61
5.2	Umformstrategie	61
5.3	Umformanlage mit Interpolationsschicht	62
5.4	Auswahl der Wirkprinzipien	71
5.4.1	Temperierung	72
5.4.2	Lastaufbringung	78
5.4.3	Kühlung	82
6	Qualitätsprüfung der umgeformten Bauteile	85
6.1	Prüfung der optischen Qualität	85
6.1.1	Urformfehler	85
6.1.2	Umformfehler	87
6.1.3	Optische Qualitätskontrolle	88
6.2	Bestimmung der Maßhaltigkeit	102
7	Versuchsdurchführung und Ergebnisse	105
7.1	Kriechumformung	105
7.1.1	Simulation	105
7.1.2	Verifikation	109
7.1.3	Resultierende Spannungen	110
7.2	Verfahrensparameter	111
7.2.1	Unterhalb der Glasübergangstemperatur	111
7.2.2	Oberhalb der Glasübergangstemperatur	114
7.2.3	Kühlung	116
7.3	Versuchsergebnisse	116
7.3.1	Maßhaltigkeit	116
7.3.2	Transmission	122

7.3.3	Verzerrungen	126
8	Diskussion	133
8.1	Modellbildung	133
8.1.1	Einhaltung der Maßhaltigkeit	135
8.1.2	Einfluss auf die optische Qualität	138
8.1.3	Gesamtbetrachtung	142
8.2	Wirtschaftliche Bewertung des formflexiblen Verfahrens	147
9	Schlussbetrachtung	153
9.1	Zusammenfassung	153
9.2	Ausblick	155
10	Literaturverzeichnis	157
11	Anhang	175
11.1	Versuchsaufbau Hellfeld	175
11.2	Entwicklungseinstellungen Lightroom	176
11.3	Versuchspläne	177
11.4	Regressionskoeffizienten	181
11.5	Bewertungsformblätter	183
11.6	Rangfolgematrizen	186
11.7	Kalkulation Anlage	188
12	Studienarbeiten	189

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Bei Betrachtung des sich entwickelnden Konsumgütermarktes ist ein eindeutiger Trend zur individualisierten Massenfertigung (engl. mass customization) erkennbar. Die Losgrößen sinken ständig ab, während die Variantenvielfalt der einzelnen Bauteile immer mehr zunimmt (ABELE & REINHART 2011; KOC & THANGASWAMY 2011). Dieser Trend wird sowohl von Seiten der Anbieter als auch von Seiten der Verbraucher getrieben. Während Anbieter aufgrund der Marktsättigung im ständigen Konkurrenzkampf Nachfragepotential durch immer vielfältigere Produkte schaffen, steht auf der Nachfrageseite das Individuum, das sich von der Masse abheben will (REINHART & ZÄH 2003). Der Anbieter ist hier nicht nur dem Innovationsdruck, sondern in gleichem Maße vor allem dem Zeitdruck ausgesetzt, da es gilt, das Produkt dem Markt schnellstmöglich zugänglich zu machen (MILBERG 2003). Nach GRÄSSLER (2004) werden E-Commerce, flexible Unternehmensnetzwerke und kundenindividuelle Massenfertigung entscheidende Wettbewerbselemente unseres Jahrtausends sein. Abbildung 1.1 lässt die steigende Modell- und Variantenvielfalt bei sinkenden Losgrößen am Beispiel der Automobilindustrie erkennen. Dem Drang nach Individualität wird durch Nischenfahrzeuge, welche eine Stückzahl von weniger als 25.000 jährlich aufweisen, entsprochen. Die Industrie muss sich daher auch hinsichtlich der Fertigungsverfahren, der Produktionsanlagen und der verwendeten Werkzeuge stetig weiterentwickeln. Sie muss in der Lage sein, zeitnah und ohne großen zusätzlichen Kostenaufwand die geforderte Variantenanzahl herzustellen. Hierfür ist die Entwicklung von flexiblen Produktionssystemen notwendig, welche es erlauben, schnellstmöglich auf sich ändernde Kundenwünsche einzugehen (HAGEMANN 2008).

In DRUMMER & MÜLLER (2011) werden die Individualisierung sowie die ressourcenschonende und effiziente Produktion unter anderem als Megatrends angegeben, welche vor allem im Hinblick auf die künftige Entwicklung des Automobils und die damit notwendige Entwicklung der Kunststofftechnik Auswirkungen haben. Gerade durch den Leichtbau erfährt die Kunststofftechnik eine immer größere Bedeutung und einen sehr großen Anwendungsbereich in der Automobilindustrie. So hat das Thermoformen, welches eine kostengünstige Möglichkeit zur Formgebung von Bauteilen besonders im Bereich der Verpackungsindustrie darstellt,

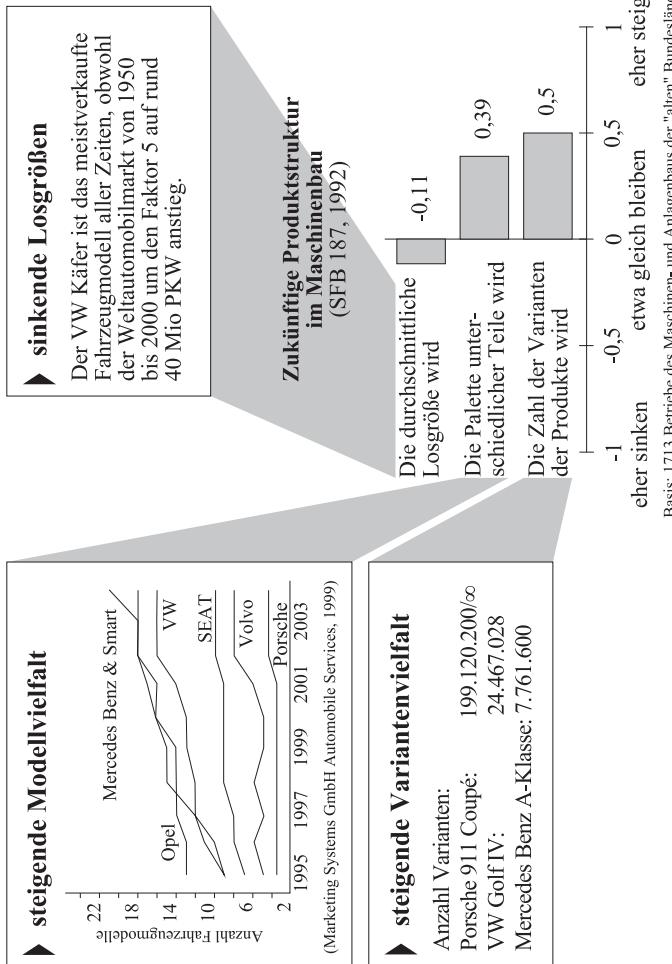


Abbildung 1.1: Wandel des Absatzmarktes nach GRÄSSLER (2004)

durch die ständige Weiterentwicklung des Verfahrens schließlich zur Herstellung von technischen Bauteilen geführt. Einen großen Teil des Anwendungsbereiches im Automobilsektor stellt das Fahrzeuginterieur dar. Hierbei werden Türinnenverkleidungen, Kofferraumauskleidungen oder Hutablagen im Thermoformverfahren gefertigt. Darüber hinaus wird im Exterieurbereich zumeist der Stoßfänger durch Warmumformung hergestellt (DÄNZER 2005). Daraus lässt sich erkennen, dass sich das Thermoformen vor allem im Bereich von großflächigen Bauteilen als wirtschaftliches Verfahren erweist. Im Zuge der Elektromobilität wird eine weitere Gewichtsreduzierung zur Reichweitenverlängerung gefordert. Die Gewichtsreduzierung wird durch Materialsubstitutionen erreicht. In diesem Zuge erfolgt beispielsweise die Substitution der Scheiben aus Glas durch transparenten Kunststoff. Bevorzugt wird dabei der amorphe Thermoplast Polycarbonat (PC) verwendet, welcher bereits Anwendung bei Scheinwerferverglasungen findet und gute mechanische Eigenschaften in einem weiten Temperaturbereich aufweist. Zielführend scheint dies vor allem durch die deutliche Zunahme der Gesamtscheibenfläche in den letzten Jahrzehnten. Während beim VW Käfer die Gesamtverglasungsfläche gerade einmal $1,5 \text{ m}^2$ betrug, weist das aktuelle Beetle-Modell fast eine doppelt so große Verglasungsfläche auf (KLEMM 2004). Ein deutlicher Gewichtsvorteil lässt sich erreichen, da die Dichte des Kunststoffes in etwa halb so groß ist wie die von Glas. Ausschlaggebend für die mögliche Substitution des Werkstoffes ist die Gütekennzahl. Sie setzt die mechanischen Eigenschaften mit der Dichte ins Verhältnis (KLEIN 2011). Eine Möglichkeit zur Gewichtseinsparung ergibt sich demnach bei Bauteilen, welche hinsichtlich ihrer statischen Festigkeit auf Zug und Druck belastet werden. Hierbei weist die Gütekennzahl von PC im Vergleich zu Glas ein Verhältnis von 1:0,21 auf. Würde das gleiche Bauteil auf Biegung belastet werden, so würde das Verhältnis 0,67:1 betragen, womit eine Substitution nicht sinnvoll wäre.

Eine bereits realisierte Substitution stellt beispielsweise das Dachmodul des Smart4Two (siehe Abbildung 1.2 a)) aus PC dar (BOSS & KLOTZ 2010). Es wird aufgrund der großen Stückzahl im Spritzprägeverfahren, einer Weiterentwicklung des Spritzgießens zur Herstellung großflächiger Bauteile, gefertigt. Eine weitere Substitution des Werkstoffes Glas durch PC stellt die Verglasung der Forstmaschinenfrontscheibe der neuen E-Serie von John Deere dar (siehe Abbildung 1.2 b)). Hier steht vor allem der Aspekt der Sicherheit der Fahrzeuginsassen im Vordergrund. Der Fahrer soll durch eine bruchsichere Verglasung geschützt werden. Die hohe Schlagzähigkeit und Festigkeit der zwölf Millimeter dicken Polycarbonat-

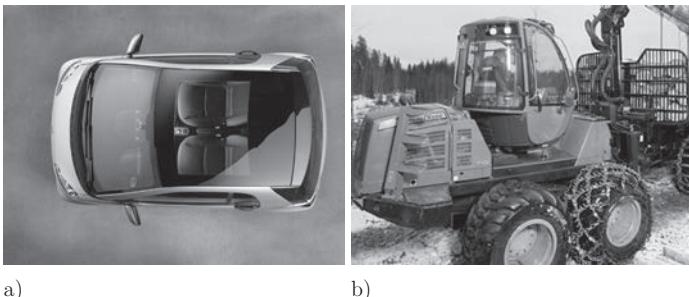


Abbildung 1.2: a) Substitution des Dachmoduls des Smart4Two durch PC (Quelle: Bayer MaterialScience) b) Verwendung von PC als Sicherheitsverglasung bei der neuen John Deere E-Serie (Quelle: materialsgate®)

Scheiben verhindert, dass herabfallende Gegenstände wie zum Beispiel Äste in die Kabine eindringen und den Fahrer verletzen (BAYER MATERIALSCIENCE AG 2009). Die geringe Stückzahl der benötigten Scheiben erlaubt keine wirtschaftliche Fertigung im Spritzgussverfahren. Die Werkzeugkosten würden deutlich zu hoch liegen. Die Fertigung erfolgt daher mittels Thermoformen, wodurch sich diese Kosten deutlich reduzieren lassen. Zusätzlich findet PC in der Architektur Verwendung. Die durch Kunststoffe gegebene Designfreiheit erlaubt die Herstellung von frei geformten Fassaden. Insbesondere beim Stadionbau werden hier große Flächen umgesetzt. Deren Realisierung erfordert ständig abgeänderte Formen. Im Gegensatz zu früher, nicht zuletzt durch das neu erschlossene Marktsegment „Automobilbau“ und „Architektur“, steht das Thermoformen, ein Verfahren für die kostengünstige Massenfertigung, nun ebenfalls der zunehmenden Individualisierung gegenüber. Die Beschränkung des Prozesses hinsichtlich der Individualisierung ergibt sich vor allem durch das notwendige Umformwerkzeug. Die Fertigung eines solchen Umformwerkzeugs erfolgt in einem aufwändigen Fräsprozess, welcher im Hinblick auf geringe Stückzahlen und vor allem bei Prototypen mit der Stückzahl 1 sowohl kosten- als auch zeitintensiv ist. Die Scheibe wird extern in einem Ofen erwärmt und im Überlegverfahren (engl. drape forming) umgeformt. Dabei wird das erwärmte Material auf die Form aufgelegt und teilweise zusätzlich mit einem weichen Stoff überspannt, bis die Scheibe abgekühlt ist. Bei großen Krümmungsradien passt sich die Scheibe der Kontur durch Eigengewicht an. Eine nach

dem konventionellen Verfahren hergestellte Scheibe aus Polymethylmethacrylat (PMMA) ist in Abbildung 1.3 dargestellt. Eine Wiederverwendung der Formen bei abgeänderter Kontur ist nur bedingt möglich. Um diesen kosten- und zeitintensiven Faktor einzudämmen, wurden bereits formflexible Werkzeugsysteme entwickelt und untersucht. Die verwendeten Ansätze generieren eine Freiformfläche zumeist durch ein Nadelkissen, das durch die Einstellung der Höhenwerte die entsprechende Geometrie abbildet. Zur Verwendung des Systems im Bereich des Thermoformens ist eine Zwischenschicht erforderlich, welche die Höhenwerte zwischen den einzelnen Nadeln interpoliert. Für die Herstellung von Front- und Seitenscheiben für den Prototypenbau im Automobilsektor, die aus PMMA hergestellt werden, wurde ein solches Verfahren entwickelt und als Prototyp umgesetzt (SCHUTZRECHT DE 198 10 478 B4 2004). Die zentrale Anforderung an das formflexible Werkzeug bei der Herstellung von Scheiben stellt aufgrund der Anlagengestalt ein minimaler Durchhang der Interpolationsschicht zwischen den Stempeln dar. Ein zu großer Durchhang bildet sich in der Scheibe ab und beeinträchtigt die Optik des Bauteils durch eine Wellenbildung der Scheibe. Dieser formflexible Ansatz zur Umformung von Kunststoffverscheibungen ist, bedingt durch die externe Erwärmung des Materials, nur für Thermoplaste mit einer hohen Wärmespeicherkapazität einsetzbar. Eine direkte Übertragung des Verfahrens auf die Umformung von PC, das eine deutlich niedrigere Wärmespeicherkapazität aufweist, ist daher nicht möglich. Da hohe Umformtemperaturen zu einer reduzierten optischen Qualität des Bauteils führen, kommt eine Temperaturerhöhung zum Ausgleich der geringeren Wärmespeicherkapazität nicht in Betracht. Dies hat zur Folge, dass auf der Grundlage der niedrigen Formtemperatur keine Verformung durch Eigengewicht erfolgen kann.



Abbildung 1.3: Im Überlegverfahren umgeformte Scheibe aus PMMA auf einer Form aus PU-Schaum

Daraus resultieren zum einen die Notwendigkeit einer integrierten Temperierung und zum anderen die Integration einer Lastaufbringung.

1.2 Motivation und Zielsetzung

Ausgehend von der zunehmenden Individualisierung des Konsumgütermarktes, der dadurch sinkenden Losgrößen und der steigenden Nachfrage nach Scheiben aus PC aus Gewichts- und Designgründen, ergibt sich die Notwendigkeit eines formflexiblen Werkzeugs zur wirtschaftlichen Umformung. Gerade vor dem Hintergrund der Scheibenverglasung im Automobilbau werden hierbei hohe optische Qualitätskriterien an Scheiben gestellt. Für die Auswahl der notwendigen Wirkprinzipien zur Temperierung und Lasteinleitung gilt es ausgehend von der Zielgröße „optische Qualität“ Möglichkeiten zu identifizieren und innerhalb eines formflexiblen Werkzeugs umzusetzen. Recherchen haben ergeben, dass für die benötigte Umformtemperatur nur Empfehlungen ausgesprochen werden. Die Umformung in kleinen und mittelständischen Betrieben erfolgt allgemein auf eigenem Erfahrungswissen. Generell gesehen lässt sich erkennen, dass das Thermoformen, im Gegensatz zu dem Prozess des Spritzgießens, erst in jüngster Zeit systematisch untersucht wird. Die Notwendigkeit hierzu ergibt sich aus einer erreichten Grenze, welche eine weitere empirische Prozessoptimierung nicht ermöglicht. Im Vordergrund stehen in durchgeführten Studien mechanische Eigenschaften (LIEBING 2008) oder die resultierende Wanddickenverteilung durch den Prozess zur Einsparung von Material (HOU et al. 2004; CHEN et al. 2008; AZDAST et al. 2013). Optische Qualitätsmerkmale werden zumeist nur subjektiv am Rande betrachtet. Der Fokus der Arbeit soll jedoch auf die Zielgröße „optische Qualität“ ausgerichtet sein und die notwendigen Komponenten zur Umformung sollen hierfür adaptiv ausgelegt werden. Es gilt, in erster Linie einen tolerierbaren und objektiv vergleichbaren Qualitätsstandard für optisch hochwertige Bauteile aus Kunststoff zu definieren, der so derzeit in der Thermoformindustrie nicht gegeben ist. Die Beurteilung erfolgt rein subjektiv auf der Grundlage einer geschulten Fachkraft. Durch den erarbeiteten Qualitätsstandard kann die Bewertung der Wirkprinzipien erfolgen und dem konventionellen Verfahren gegenübergestellt werden. Als finale Zielsetzung kann hierdurch in einem letzten Schritt die Optimumsfindung der Prozessparameter erfolgen sowie der Einfluss der variablen Prozessparameter beschrieben und durch entsprechende Modelle vorhergesagt werden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Ausgehend von der zuvor beschriebenen Ausgangssituation und dadurch begründeten Motivation und Zielsetzung (Kapitel 1) gestaltet sich die weitere Struktur der Arbeit nach Abbildung 1.4. Hierbei werden zunächst die Grundlagen hinsichtlich

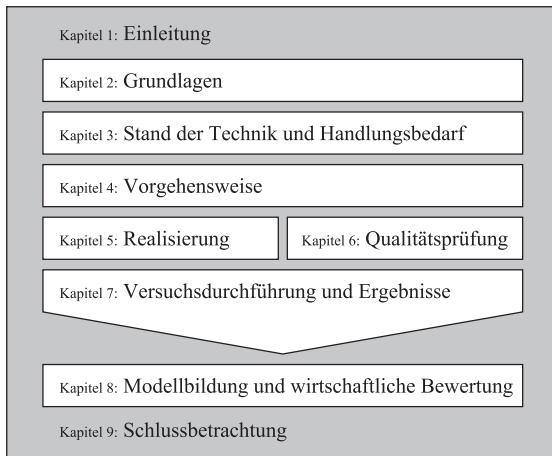


Abbildung 1.4: Struktur der Arbeit

des Fertigungsprozesses Thermoformen und des Werkstoffes Polycarbonat erläutert (Kapitel 2). Danach folgt die Betrachtung des Stands der Technik im Bereich des Thermoformens von glasklaren Thermoplasten und der formflexiblen Umformverfahren sowie von deren Anwendungsgebiet. Des Weiteren werden Möglichkeiten zur Bewertung der optischen Qualität von Verglasungsmaterialien betrachtet (Kapitel 3). In Kapitel 4 wird die Methodik zur Realisierung eines formflexiblen Werkzeugs im Hinblick auf eine hohe optische Qualität des Bauteils beschrieben, die in den nachfolgenden Kapiteln zur Anwendung kommt. In Kapitel 5 wird ein Überblick über das Ausgangsmaterial, die Umformstrategie sowie die Auslegung des verwendeten Versuchsaufbaus gegeben. Kapitel 6 beinhaltet die Auswahl und Umsetzung der notwendigen Qualitätsprüfung der Bauteile. Dabei wird der Aufbau eines Versuchsstandes beschrieben, mit dem es möglich ist, Fehler in PC-Scheiben zu detektieren und mit Hilfe einer Software auszuwerten.

Anschließend werden die untersuchten Parameter, aufgeteilt in die Umformung unterhalb und oberhalb der Glasübergangstemperatur, ab welcher das Material zähelastisch und durch geringen Kraftaufwand formbar wird, hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Bewertungskriterien untersucht. Diese Kriterien lassen sich in Maßhaltigkeit, optische Qualität und Prozesszeit aufgliedern (Kapitel 7). Aus diesen Versuchsergebnissen werden Modelle entwickelt, um die Bauteilqualität vorab zu bestimmen. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Ableitung der Komponentenintegration. Zudem erfolgt eine wirtschaftliche Betrachtung des neu entwickelten Verfahrens (Kapitel 8). Den Abschluss der Arbeit bildet Kapitel 9 mit der Zusammenfassung der Ergebnisse und dem Ausblick auf weitere Arbeiten.

- 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 Macht: 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 Industrierkeramik
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 Löfer*: Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
178 Seiten · ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 *Jörg Fähr*: 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*: Anziehverfahren 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 Drucken
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 Meierlohr*: 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 kompetenzzentrierten 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 stückzahlflexible 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 Kostenenkung 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 Ehrenstraßer*: 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 Verfahrerbewegungen
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 *Dirk Ansorge*: Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiraumen
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 *Georg Wünsch*: Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme
238 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 *Loucas 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 Harfenesller*: 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 varianterneiche Serienmontage
261 Seiten - ISBN 978-3-8316-4031-1
- 244 *Johannes Schilp*: 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 Schichtbautiefen
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 Steuerungsoftware 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 Hense*: 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 Radt*: 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 Faser verbund-Vorformlingen
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4233-5
- 269 *Tobias Zeilinger*: Laserbasierte Bauteillagebestimmung 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 Schwungrad-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 Escher*: 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 Workerführung
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 Rösche*: 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 Fliegmontage
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 Schweiß Eigenspannungen
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-4524-2
- 310 *Markus Schweiß*: Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahl Oszillation
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 Pröster*: Methodik zur kurzfristigen Austaktung variante reicher 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
- 319 *Julian Christoph Sebastian Backhaus*: Adaptierbares aufgabenorientiertes Programmiersystem für Montagesysteme
264 Seiten · ISBN 978-3-8316-4570-1
- 320 *Sabine G. Zitzlsberger*: Flexibles Werkzeug zur Umformung von Polycarbonatplatten unter besonderer Beachtung der optischen Qualität
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4573-2