

Dominik David Simon

**Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum  
Umformen und Spannen von Kunststoffscheiben  
und -schalen**



Herbert Utz Verlag · München

## Forschungsberichte IWB

Band 315

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 Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2016

ISBN 978-3-8316-4548-0

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>i</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>vii</b>
<b>Verzeichnis der Formelzeichen.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation zum Einsatz flexibler Werkzeuge .....	1
1.2 Eingrenzung des Themas und Begriffsdefinition .....	3
1.3 Zielsetzung .....	4
1.4 Aufbau der Arbeit .....	4
<b>2 Stand der Wissenschaft und Technik .....</b>	<b>7</b>
2.1 Umformen und Bearbeiten von Kunststoffscheiben .....	7
2.1.1 Übersicht über die Prozesskette .....	7
2.1.2 Plattenmaterial aus Kunststoff .....	8
2.1.3 Formherstellung .....	9
2.1.4 Verhalten amorpher Thermoplaste beim Erwärmen .....	9
2.1.5 Umformvorgang .....	10
2.1.6 Herstellen der Spannvorrichtung .....	13
2.1.7 Spanende Bearbeitung .....	13
2.1.8 Qualitätssicherung .....	13
2.2 Flexible Werkzeugsysteme für die Blechumformung .....	14
2.3 Flexible Werkzeuge für den Spritzguss .....	21
2.4 Flexible Werkzeugsysteme zum Umformen von Kunststoffplatten ..	23

2.5	Flexible Werkzeugsysteme für weitere Anwendungen.....	25
2.6	Flexible Spannsysteme .....	27
2.7	Zusammenfassung des Standes der Forschung .....	30
<b>3</b>	<b>Handlungsbedarf und Zielsetzung .....</b>	<b>35</b>
3.1	Handlungsbedarf.....	35
3.2	Zielsetzung .....	37
<b>4</b>	<b>Methodisches Vorgehen und Konzeptentwicklung .....</b>	<b>41</b>
4.1	Vorgehensmodell nach VDI-Richtlinie 2221 .....	41
4.2	Erweiterung mit neuen Methodenbausteinen .....	42
4.2.1	Anforderungen für flexible Werkzeugsysteme .....	44
4.2.2	Konzeptentwicklung.....	47
4.2.3	Kostenabschätzung zur Unterstützung bei der Auswahl eines Konzepts .....	60
<b>5</b>	<b>Umsetzung der flexiblen Werkzeugsysteme.....</b>	<b>65</b>
5.1	Gesamtkonzept .....	65
5.1.1	Form-Module.....	66
5.1.2	Spann-Module .....	67
5.1.3	Elektrik und Ansteuerung.....	68
5.2	Aufbau der Klemmeinheiten .....	68
5.2.1	Marktrecherche zu Klemmeinheiten .....	68
5.2.2	Funktionsweise der entwickelten Klemmeinheit .....	70
5.2.3	Berechnung der Kräfte .....	71
5.2.4	Auslegung des Spiels der Kugeln.....	77
5.2.5	Elektromagnetischer Schaltmechanismus .....	78

5.2.6	Verhindern von Verschleiß.....	80
5.2.7	Konstruktion der Klemmeinheiten .....	83
5.3	Konstruktion der Form-Einheit .....	85
5.3.1	Gestaltung der Stempelköpfe und der Interpolationsschicht ...	86
5.3.2	Gestaltung der Form-Module .....	90
5.3.3	Aufbau der gesamten Form-Einheit .....	91
5.4	Konstruktion der Spann-Einheit .....	92
5.4.1	Auswahl der Saugbälge .....	92
5.4.2	Entwicklung der Gegenhalter .....	93
5.4.3	Gestaltung der Spann-Module .....	94
5.4.4	Gesamtaufbau der Spann-Einheit .....	94
5.5	Elektrische Ansteuerung von Form- und Spann-Einheit.....	95
5.5.1	Hardware für die Ansteuerung.....	95
5.5.2	Entwurf elektrischer Schaltungen.....	97
5.6	Ermitteln der Höhenpositionen der Stäbe aus CAD-Daten.....	102
5.7	Programmieren der Ansteuerung.....	103
<b>6</b>	<b>Untersuchungen durch Umformversuche, Fräsversuche und Simulation.....</b>	<b>107</b>
6.1	Umformversuche mit Überlegformen .....	107
6.1.1	Vermessen von Scheiben-Probekörpern.....	109
6.1.2	Optische Beurteilung der umgeformten Scheiben.....	114
6.1.3	Vermessung im Streifenlicht .....	117
6.2	Umformversuche mit Vakuumtiefziehen und Streckziehen.....	119
6.2.1	Versuchsbeschreibung .....	119
6.2.2	Optische Beurteilung .....	120

6.2.3	Vermessung der Probekörper .....	122
6.3	Simulation des Umformvorgangs.....	124
6.3.1	Ermitteln der Effekte von Einflussgrößen .....	125
6.3.2	Untersuchung von Abdrücken der Stempelköpfe in der Simulation.....	127
6.4	Fräsversuche .....	128
6.4.1	Vorversuche zur Bestimmung der auftretenden Kräfte.....	128
6.4.2	Versuchsbeschreibung der Fräsversuche.....	130
6.4.3	Vermessung der gefrästen Probekörper .....	132
6.5	Zusammenfassung der Erkenntnisse .....	135
<b>7</b>	<b>Betrachtung der Wirtschaftlichkeit .....</b>	<b>139</b>
7.1	Grundlagen der Amortisationsrechnung .....	139
7.2	Wirtschaftlichkeit bei flexibler Formgebung .....	140
7.2.1	Kosten des etablierten Herstellungsprozesses .....	140
7.2.2	Kosten des flexiblen Herstellungsprozesses.....	141
7.2.3	Amortisationsrechnung.....	142
7.3	Wirtschaftlichkeit bei dem flexiblen Spannen .....	143
7.3.1	Kosten beim etablierten Herstellungsprozess.....	143
7.3.2	Kosten beim flexiblen Spannverfahren .....	143
7.3.3	Amortisationsrechnung.....	144
7.4	Allgemeine Erkenntnisse aus der Amortisationsrechnung.....	144
<b>8</b>	<b>Schlussbetrachtung.....</b>	<b>145</b>
8.1	Zusammenfassung .....	145
8.2	Ausblick.....	148

<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>151</b>
<b>10</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>169</b>
	10.1 Fragenkatalog zur Ermittlung von Anforderungen .....	169
	10.2 Anforderungskatalog .....	174
	10.3 Daten zur Kostenabschätzung .....	177
	10.4 Daten zur Auswahl der Stempelköpfe .....	178
	10.5 Auswertung der Umformversuche.....	181
	10.6 Auswertung der Tiefziehversuche .....	182
	10.7 Auswertung der Fräsversuche .....	187
	10.8 Daten zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	188
<b>11</b>	<b>Studienarbeiten .....</b>	<b>193</b>





# **1 Einleitung**

## **1.1 Motivation zum Einsatz flexibler Werkzeuge**

Der Produktionsstandort Deutschland als Hochlohnland steht in einem scharfen Wettbewerb zu Ländern mit günstigerem Lohnniveau. Durch Megatrends wie der Globalisierung, der Durchdringung mit neuen Technologien, der Dynamisierung von Produktlebenszyklen, der Ressourcenverknappung, der Wissensgesellschaft, der Gefahr der Instabilität, dem demographischen Wandel, dem Klimawandel, der Mobilität und der Lebensqualität ist die Produktion einer starken Veränderung ausgesetzt. Um den Produktionsstandort Deutschland zu stärken, gilt es, durch Produkt- und Prozessinnovationen einen Wettbewerbsvorsprung zu schaffen und diesen durch permanentes Generieren von Wissen zu halten. (ABELE & REINHART 2011, BULLINGER 2009, MILBERG 1998)

Innovationen sind daher der Schlüssel, den Wohlstand in Deutschland zu erhalten. Es ist notwendig, gute Ideen zu verwirklichen, um die Lebensgrundlage zukünftiger Generationen zu sichern. Aus einer Idee, einer Invention, wird nur eine echte Innovation, wenn durch die Invention ein Produktionsprozess in einer Volkswirtschaft verändert wird. Hierfür ist vor allem die gesellschaftliche Akzeptanz ein entscheidendes Kriterium. Fehlt diese, so sind auch die besten Inventionen zum Scheitern verurteilt. (ENGEL 2012, SCHUMPETER 2008)

Eine Branche, die in besonderem Maße von Innovationen profitieren kann, ist der Werkzeug- und Formenbau, bei dem es in der jüngeren Vergangenheit zu Nachfragerückgängen und Preisverfall kam. Das Anbieten kundenindividueller Lösungen zu marktfähigen Preisen ist entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit der meist mittelständischen Unternehmen und wird dies zukünftig in einem noch stärkeren Maße sein. In Studien sehen die Unternehmen das Thema Werkzeugstandardisierung und Unikatfertigung sowie eine Wissenskooperation mit Universitäten und Forschungseinrichtungen als zentrale Aufgaben bei der Weiterentwicklung des Werkzeug- und Formenbaus. (SCHUH 2010)

Ein besonders interessantes Themengebiet im Werkzeug- und Formenbau, mit großem Einsparpotential, ist das Thermoformen von Plattenmaterial aus Kunststoff, um dreidimensional geformte Körper herzustellen. In Deutschland werden heute jährlich ca. 1.475 *kt* thermoplastisches Rohmaterial produziert. Davon wird ein Teil exportiert oder direkt ohne weitere Bearbeitung verbaut. 535 *kt* werden von der kunststoffverarbeitenden Industrie weiter verarbeitet. Bedarf an

## 1.1 Motivation zum Einsatz flexibler Werkzeuge

---

verarbeiteten Thermoplasten besteht bspw. in den Branchen Verpackung, Bau, Fahrzeuge, Elektro und Elektronik, Haushaltswaren, Möbel, Landwirtschaft, Medizin und vielen weiteren. Insbesondere in der Fahrzeugindustrie ist dabei der Trend zu erkennen, zukünftig mehr umgeformte Thermoplaste zu verwenden. (CONSULTIC MARKETING & INDUSTRIEBERATUNG 2008, CONSULTIC MARKETING & INDUSTRIEBERATUNG 2009, CONSULTIC MARKETING & INDUSTRIEBERATUNG 2011, PLASTICS EUROPE 2009, PLASTICS EUROPE 2011)

Heute können bereits Seiten- und Dachverschiebungen in Kraftfahrzeugen (KFZ) aus Polycarbonat (PC) gefertigt werden. Zukünftig ist es angedacht, Windschutzscheiben für Fahrzeuge aus PC oder aus Polyethylmethacrylat (PMMA), besser bekannt als Plexiglas®, zu fertigen. Der Einsatz von PMMA ist heute bereits aus dem Rennsport bekannt. Für Scheiben aus PC, mit denen sich bis zu 40 % Gewichtsersparnis im Vergleich zur herkömmlichen Scheibe erzielen lassen, arbeiten die Hersteller derzeit an der Straßenzulassung. (ALLGEMEINE BAUARTGENEHMIGUNG 1998, BUCHHOLZ 2010, EVONIK DEGUSSA 2010, KRAUS 2009, REGELUNG SICHERHEITSVerglasungswerkstoffe 2010, SCHEIB 2007, TRÄXLER ET AL. 2005)

Die Kosten der zum Abformen und Spannen von Scheiben benötigten Formwerkzeuge haben großen Anteil an den Kosten des Endprodukts. Sofern in kleinen Losgrößen gefertigt wird, entstehen hohe Kosten, die auf wenig gefertigte Scheiben verteilt werden. Hierdurch wirken die Formblockkosten sich stark auf die Produktkosten aus. Am Beispiel der Fertigung von Automobilfrontscheiben aus Kunststoff kann dies anschaulich gezeigt werden. Je nach gewünschter Güte einer Scheibe kommen für die Fertigung Formen aus unterschiedlichen Materialien zum Einsatz. Mit den Angaben von mittelständischen Unternehmen, die sich mit dem Umformen von Kunststoffscheiben beschäftigen, konnten die anteiligen Kosten, welche die Formblöcke verursachen, bestimmt werden. In Abbildung 1 ist dieser Anteil dargestellt. Es ist ersichtlich, dass selbst bei der günstigsten Variante, der Holz-Form, erst nach ca. 14 Umformvorgängen die durch den Formblock bedingten Anteile geringer sind als 50 %. Erst nach 53 Umformvorgängen wird der Anteil geringer als 20 %. Bei teureren Materialien wie der Aluminiumform ergibt sich ein noch ungünstigeres Verhältnis.

Die durchgeführte Analyse belegt anschaulich, dass gerade im Bereich der Fertigung von Prototypen und Kleinserien Handlungsbedarf besteht. Indem die Formblöcke, die aktuell für das Umformen und Spannen von Kunststoffplatten

zur Anwendung kommen, durch flexible Lösungen ersetzt werden, soll die günstigere Fertigung von Prototypen und Kleinserien ermöglicht werden.

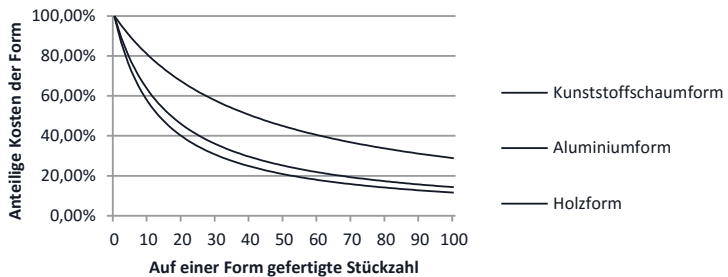


Abbildung 1: Anteilige Kosten der Form in Abhängigkeit der gefertigten Stückzahl am Beispiel einer Automobilfrontscheibe

## 1.2 Eingrenzung des Themas und Begriffsdefinition

Im Rahmen der schriftlichen Ausarbeitung wird an flexiblen Form- und Spannwerkzeugen geforscht, mit denen im Werkzeug- und Formenbau Kosten eingespart werden können. Flexibel bedeutet in diesem Kontext, dass die Werkzeuge schnell und aufwandsarm umkonfigurierbar sind. Nach dem Umkonfigurieren kann darauf eine beliebige andere Bauteilgeometrie abgeformt oder gespannt werden. In der vorliegenden Arbeit soll der Begriff der Flexibilität gelten, wie er bereits von HAGEMANN 2009 definiert wurde:

*„Unter Flexibilität wird i. A. eine biegsame bzw. verformbare Eigenschaft verstanden (DUDENREDAKTION 2004). In der Technik ist dieser Begriff allerdings nicht exakt definiert, da eine bestimmte Eigenschaft nicht eindeutig mit diesem beschrieben werden kann. Vielmehr ist eine Kombination aus mehreren Eigenschaften, wie z. B. Elastizitätsmodul, Festigkeit oder die Geometrie des Körpers gemeint, wenn von Flexibilität aus technologischer Sicht gesprochen wird. Genau diese, fehlende Eindeutigkeit des Begriffs bzw. die Tatsache, dass eine Vielzahl von Eigenschaften im Begriff der Flexibilität vereint sind, trifft den Kern des im Folgenden vorgestellten Ansatzes und rechtfertigt die Verwendung dieses Begriffes.“ (HAGEMANN 2009)*

Betrachtungsfokus der Arbeit ist das flexible Umformen und Spannen von Kunststoffscheiben. Im Rahmen der Anfertigung der Arbeit wurde darauf geach-

## **1.3 Zielsetzung**

---

tet, dass die erarbeiteten Erkenntnisse soweit wie möglich allgemein gehalten werden, um ein einfaches Übertragen auf weitere Themenfelder zu ermöglichen. Bei der Ausarbeitung des Konzeptes, der Umsetzung, den Versuchen und der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt die Fokussierung auf den dargelegten Anwendungsfall. Dies ist notwendig, da sich ansonsten aus dem gesamten Spektrum des Werkzeug- und Formenbaus, aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Prozessen, eine zu große Vielfalt an Anforderungen ergeben würde.

## **1.3 Zielsetzung**

Die vorliegende Arbeit bietet auf mehreren Ebenen einen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn. Das übergeordnete Ziel besteht darin, eine kreative, synthetische Zusammenführung von bestehenden Erkenntnissen zu einer neuen Einheit zu verbinden und den Funktionsnachweis zu erbringen. Ein Teilziel dabei ist es, ein methodisches Vorgehen für die Produktentwicklung bereitzustellen, mit dem zukünftig flexible Werkzeuge einfacher entwickelt werden können. Ein weiteres Teilziel ist es, mit bestehenden ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen einen prototypischen Aufbau für die Umsetzung flexibler Werkzeugsysteme zu schaffen. Des Weiteren sollen die Einsatzgrenzen für flexible Werkzeuge und die Wirtschaftlichkeit ihres Einsatzes bestimmt werden.

## **1.4 Aufbau der Arbeit**

Der Aufbau der Arbeit ist in Abbildung 2 dargestellt. Nach Kapitel 1 sind die Ausgangssituation, die Motivation und die Zielsetzung klar. Insbesondere die wirtschaftliche Notwendigkeit zur Entwicklung flexibler Werkzeuge ist detailliert erläutert. In Kapitel 2 werden zunächst die aktuellen Verfahren zur Fertigung von umgeformten Scheiben beschrieben. Im Anschluss werden bekannte Ansätze für ein flexibles Umformen und Spannen aus Wirtschaft und Forschung vorgestellt. Nachdem die gewonnenen Erkenntnisse katalogisiert worden sind, leiten sich daraus in Kapitel 3 die wissenschaftlichen Fragestellungen der Arbeit ab.

Das methodische Vorgehen und die Entwicklung der flexiblen Werkzeuge sind in den Kapiteln 4 und 5 beschrieben. In Kapitel 4 werden Methodenbausteine erarbeitet und angewandt. Mit den Methodenbausteinen erfolgen die Anforderungsermittlung, das Finden von Konzepten und eine Kostenabschätzung im

frühen Stadium der Produktentwicklung. In Kapitel 5 werden zuerst die notwendigen Grundlagen zum Lösen der einzelnen Teilfunktionen erarbeitet. Am Ende des Kapitels werden die Teilfunktionen zu einer funktionierenden Gesamtlösung vereint.

Die technische Validierung, die wirtschaftliche Bewertung und ein Ausblick erfolgen in den Kapiteln 6, 7 und 8. In Kapitel 6 wird das Thermoformen in Simulation und Versuch untersucht und der Einsatzbereich für flexible Werkzeuge abgegrenzt. In Kapitel 7 wird betrachtet, bei welchen Produktionsszenarien flexible Werkzeuge wirtschaftlich einsetzbar sind. Die Arbeit schließt in Kapitel 8 mit einer Schlussbetrachtung und einem Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten.

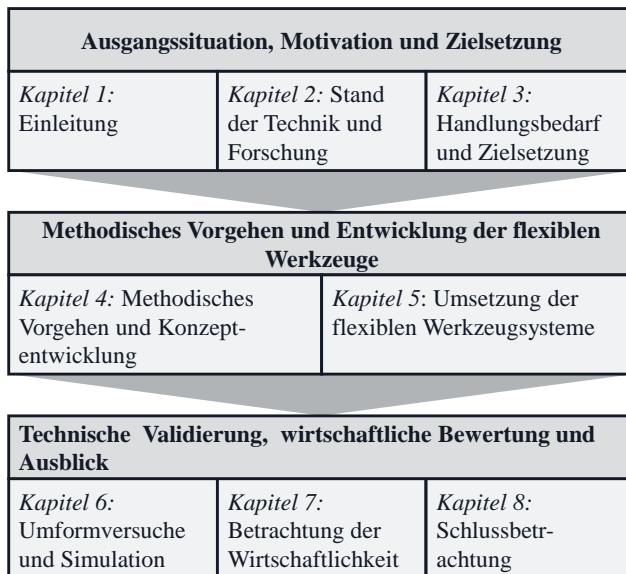


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit



- 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 978-3-8316-0021-2
- 152 **Stephan Dürrschmidt:** 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 Rudarfer:** Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke  
207 Seiten - ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 **Hans Meier:** Verteilte kooperative Steuerung maschinenaher 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 Laserstrahlweißens 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 Führer:** Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses  
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 **Jürgen Höppner:** Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker 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 Raßgoderer:** 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 Jens 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 Montage-systeme  
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 **Welf Broser:** Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 **Frank Breitinge:** Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterens für das Druckgießen  
156 Seiten - ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 **Johann von Pieveling:** 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 Kaustems  
132 Seiten - ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 **Joachim Berlak:** Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 **Christian Meierloh:** 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 stückzahlflexibler Montagesysteme  
197 Seiten - ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 **Matthias Meindl:** 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 Konturfolgssysteme  
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 Produktionssystemen  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0475-3

- 192 **Florian Auer:** Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens 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:** Prozessgasfluss 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 Schlip:** 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 Roeren:** 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:** Sensoreinsatz 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 Schlicknieder:** Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 **Niklas Müller:** Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 **Daniel Siedl:** Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrenbewegungen  
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 Würnsch:** Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme  
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 **Thomas Oertli:** 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 **Lucas 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 Elektronenstrahlstahns  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 **Mark Harfensteller:** Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets  
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 **Jochen Werner:** Methode zur roboterbasieren 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 **Sonia 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 zeitenfensterbasierter Planungssysteme in unterbetrieblichen Wertschöpfungsketten  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 **Michael Spitzweg:** Methode 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:** Rührreißschweißen 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 978-3-8316-4015-7
- 240 **Michael Loy:** Modulare Vibrationswendelförderer für flexiblen Teilezuführung  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4027-0
- 241 **Andreas Eursch:** 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 Schlip:** Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4063-8
- 245 **Stefan Lutzmann:** Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahlschmelzens  
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4070-6
- 246 **Gregor Branner:** Modellierung transienter Effekte in der Struktursimulation von Schichtbauverfahren  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4071-3
- 247 **Josef Ludwig Zimmermann:** Eine Methodik zur Gestaltung berührungslos 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 entwicklungsbegleitenden 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 Mark:** Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserieteilen in Presswerken 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 Rührreißschweißen  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4129-1
- 254 **Michael Heinz:** Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgreifsysteme 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 Lacour:** Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflusintensiver 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 Rad:** 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 Ruhstorfer:** Rührreißschweißen von Rohren  
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4197-0
- 263 **Rüdiger Daub:** Erhöhung der Nahttiefe beim Laserstrahl-Wärmelitungsschweißen von Stählen  
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-4199-4
- 264 **Michael Ott:** Multimaterialverarbeitung bei der additiven strahl- und pulverbettbasierten 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 Bauteilabgabestimmung 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-Reißschweißen durch modellbasierte Regelungsverfahren  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 **William Brice Tekouo Mouthicho:** 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 Hennauer:** 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 Braunreuther:** 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 **Mathy Wiesbeck:** Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerführung  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4361-9
- 286 **Sonja Huber:** In-situ-Legierungsbestimmung beim Laserstrahlschweißen  
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4370-7
- 287 **Robert Wiedenmann:** 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 Bahnplanung 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 Schober:** 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 Kahmert:** Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahlschmelzen (EBM)  
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 **Sebastian Schindler:** Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4434-6
- 295 **Tobias Föckerer:** Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärrens  
128 Seiten - ISBN 978-3-8316-4448-3
- 296 **Rüdiger Spillner:** Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion  
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4450-6
- 297 **Daniel Schmid:** Rührreibschweißen 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 Musial:** 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 Schweißeigenspannungen  
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4524-2
- 310 **Markus Schweiße:** Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahloszillation  
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4536-7
- 311 **Florian Geiger:** System zur wissensbasierten Maschinenbelegungsplanung auf Basis produktspezifischer Auftragsdaten  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4537-4
- 312 **Peter Schnellbach:** Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendung unter Berücksichtigung von Zielgrößen Ganzheitlicher Produktionssysteme  
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 Ausrüstung variantenreicher 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 Kunststoffscheiben und -schalen  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4548-0