

Daniel Schmid

**Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen  
mit Stählen für die Automobilindustrie**



Herbert Utz Verlag · München

**Forschungsberichte IWB**

Band 297

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2014

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 · 2015

ISBN 978-3-8316-4452-0

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>V</b>  |
| <b>Formelverzeichnis</b>  | <b>IX</b> |
| <b>1 Einleitung</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Allgemeines   | 1         |
| 1.2 Motivation für das Fügen von Aluminiumlegierungen mit Stählen           | 1         |
| 1.3 Aufbau der Arbeit   | 3         |
| <b>2 Grundlagen</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 Allgemeines   | 5         |
| 2.2 Problemstellungen beim Fügen von Aluminiumlegierungen mit Stählen       | 5         |
| 2.2.1 Vorbemerkung  | 5         |
| 2.2.2 Werkstofftechnische Unterschiede zwischen Aluminium und Eisen         | 6         |
| 2.2.3 Metallurgische Wechselwirkungen zwischen Aluminium und Eisen          | 7         |
| 2.2.4 Korrosionseigenschaften von Aluminium und Eisen                       | 12        |
| 2.2.5 Zusammenfassung   | 13        |
| 2.3 Verbindungstechniken für das Fügen von Aluminiumlegierungen mit Stählen | 14        |
| 2.3.1 Vorbemerkung  | 14        |
| 2.3.2 Nicht-thermische Fügeverfahren  | 14        |
| 2.3.3 Thermische Fügeverfahren  | 18        |
| 2.3.4 Zusammenfassung   | 22        |
| 2.4 Rührreibschweißen   | 22        |
| 2.5 Zusammenfassung   | 31        |
| <b>3 Stand der Technik</b>  | <b>33</b> |
| 3.1 Allgemeines   | 33        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.2 Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen                             | 33         |
| 3.3 Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen im Überlappstoß | 36         |
| 3.4 Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen im Stumpfstoß   | 44         |
| 3.5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlung                                | 50         |
| <b>4 Zielsetzung und Vorgehensweise</b>                                    | <b>51</b>  |
| <b>5 Versuchsaufbau und Werkstoffe</b>                                     | <b>55</b>  |
| 5.1 Allgemeines  | 55         |
| 5.2 Anlagentechnik   | 55         |
| 5.3 Probenanordnung und Auswertemethoden                                   | 58         |
| 5.4 Werkstoffe   | 61         |
| <b>6 Prozesscharakteristik</b>   | <b>67</b>  |
| 6.1 Allgemeines  | 67         |
| 6.2 Rührreibschweißen im Überlappstoß                                      | 67         |
| 6.2.1 Vorbemerkung   | 67         |
| 6.2.2 Bindemechanismus   | 68         |
| 6.2.3 Einflussgrößen   | 75         |
| 6.2.4 Bewertung  | 99         |
| 6.3 Rührreibschweißen im Stumpfstoß  | 106        |
| 6.3.1 Vorbemerkung   | 106        |
| 6.3.2 Bindemechanismus   | 108        |
| 6.3.3 Einflussgrößen   | 111        |
| 6.3.4 Bewertung  | 124        |
| 6.4 Fazit  | 128        |
| <b>7 Prozesseignung für den Karosseriebau</b>                              | <b>133</b> |
| 7.1 Allgemeines  | 133        |
| 7.2 Auswirkung des applizierten Klebstoffs auf den Fügeprozess             | 136        |

---

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 7.3       | Auswirkung der Wärmebehandlungsmaßnahme auf die Verbindungseigenschaften                   | 139        |
| 7.4       | Bewertung der Gebrauchseigenschaften   | 144        |
| 7.4.1     | Allgemeines  | 144        |
| 7.4.2     | Scherzug- bzw. Zugfestigkeit und Brucharbeit   | 144        |
| 7.4.3     | Schälzugfestigkeit   | 144        |
| 7.4.4     | Dauerschwingfestigkeit   | 147        |
| 7.4.5     | Korrosionsbeständigkeit  | 151        |
| 7.5       | Fazit  | 153        |
| <b>8</b>  | <b>Intermetallische Phasen</b>   | <b>155</b> |
| 8.1       | Allgemeines  | 155        |
| 8.2       | Intermetallische Phasen beim Rührrebschweißen  | 157        |
| 8.3       | Intermetallische Phasen beim Rührrebschweißen mit nachgelagerten Wärmebehandlungsmaßnahmen | 159        |
| 8.4       | Fazit  | 168        |
| <b>9</b>  | <b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>  | <b>171</b> |
| 9.1       | Allgemeines  | 171        |
| 9.2       | Ermittlung der Grenzstückzahl  | 172        |
| 9.3       | Darstellung der Kostenzusammensetzung  | 177        |
| 9.4       | Fazit  | 178        |
| <b>10</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>  | <b>181</b> |
| 10.1      | Zusammenfassung  | 181        |
| 10.2      | Ausblick   | 185        |
| <b>11</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>  | <b>189</b> |
| <b>12</b> | <b>Studienarbeitsverzeichnis</b>   | <b>205</b> |
| <b>13</b> | <b>Anhang</b>  | <b>207</b> |

# 1 Einleitung

## 1.1 Allgemeines

Kraftfahrzeuge aus dem Premiumsegment werden von den Massenmedien oft auf die Leistungsdaten des Motors reduziert. Dabei wird das Fahrverhalten von Automobilen vielmehr durch das Masse-Leistungs-Verhältnis definiert. Der Masse kommt daher die gleiche Bedeutung zu, wie der Leistung. Durch den immer umfassenderen Einsatz von komfort- und leistungssteigernden Technologien sowie von aktiven und passiven Sicherheitsausstattungen wurde in der Vergangenheit immer mehr Masse in das Fahrzeug eingebbracht und die Leistung kontinuierlich angepasst, um die Fahrdynamik zu erhalten. Daraus resultierten ein ansteigender Kraftstoffverbrauch und eine starke Umweltverschmutzung. Im Premiumsegment hat bereits ein Umdenken stattgefunden und die Massespirale konnte umgekehrt werden. Durch konsequenten Leichtbau sind z. B. beim Audi A6 (SCHWERDTMANN 2012 und AUDI 2012), beim Audi A3 (GOEDE 2007) und beim Porsche 911 Carrera (HEINISCH 2012) die Nachfolgemodelle leichter als deren Vorgänger. Demzufolge wurden der Kraftstoffverbrauch und der Ausstoß von Emissionen gesenkt sowie die Fahrdynamik verbessert. Eine Reduzierung der Fahrzeugmasse um 100 kg führt zu einem um bis zu 0,5 l geringeren Kraftstoffverbrauch und zu einer um bis zu 1,1 kg geringeren CO<sub>2</sub>-Emission pro gefahrener 100 km (LAKEIT 2012; KOGLIN 2012). Neben der direkten Masseeinsparung wirken sich Sekundäreffekte aus. Bei einer geringeren Karosseriemasse lassen sich, bei vergleichbaren Fahrleistungen, kleinere und effizientere Motoren einbauen und somit der Kraftstoffverbrauch zusätzlich senken. Ebenso können Fahrwerk, Bremsen und Kraftstofftanks angepasst werden, wodurch die Massespirale von neuem nach unten durchlaufen werden kann.

## 1.2 Motivation für das Fügen von Aluminiumlegierungen mit Stählen

Nach GOEDE 2007 beträgt der Anteil der Karosserie- an der Fahrzeugmasse etwa 40 % und weist das größte Leichtbaupotenzial auf. Es gibt mit dem Funktions-, dem Konstruktions-, dem Fertigungs- und dem Werkstoffleichtbau vier Ansatzpunkte zur Masseeinsparung, wobei dem letztgenannten im Karosseriebau die größte Bedeutung beigemessen wird. Seit den fünfziger Jahren werden hauptsächlich Stahlkarosserien gefertigt. Die Gesamtkosten sind, durch den Einsatz bewährter und beherrschter Fügetechnik sowie durch die hohe Verfügbarkeit von Stahlwerk-

stoffen, sehr gering. Die Masse wird derzeit durch die Substitution von konventionellen Stählen durch moderne hoch- und höchstfeste sowie pressgehärtete Sorten reduziert. Parallel dazu werden neue Ansätze verfolgt. Aluminiumkarosserien (z. B. der Audi Space Frame) weisen aufgrund der hohen spezifischen Festigkeit des Werkstoffs eine geringe Masse auf. Durch die vielfältigen Verarbeitungs-Eigenschaften werden neue Gestaltungsmöglichkeiten für den Karosseriebau geschaffen, wie z. B. durch den Einsatz von stranggepressten Profilen in den Längs- und Querstrukturen oder von Aluminium-Druckguss an den Knotenstellen. Ebenso sprechen die gute Korrosionsbeständigkeit und Umformbarkeit für den Einsatz von Aluminiumwerkstoffen. Allerdings kann in der Energiebilanz die Recyclingfähigkeit den hohen Energiebedarf bei der Primärherstellung nicht ausgleichen. Die Herstellkosten für Aluminium- im Vergleich zu Stahlkarosserien sind deutlich höher und zudem schwieriger zu kalkulieren. Da in Europa nur etwa ein Fünftel des Primäraluminiums gewonnen wird (GDA 2011; Stand 2010), sind die Preise stark vom Weltmarkt abhängig. Die verfügbaren, ungenauen Prognosen stellen ein Risiko dar. Die über Jahrzehnte entwickelten Fügeverfahren für Stahlwerkstoffe können wegen der unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften von Aluminiumlegierungen und Stählen (siehe Abschnitt 2.2) nicht übertragen werden. Aktuell für die Fertigung qualifizierte Fügeverfahren für Aluminiumwerkstoffe sind zeit- und kostenintensiv. Folglich werden Karosserien aus Aluminiumlegierungen nur für hochpreisige Fahrzeuge mit geringer Jahresstückzahl eingesetzt. Das höchste Leichtbaupotenzial weisen Karosserien in Mischbauweise auf. Hierbei wird für jeden Bereich des Fahrzeugs der Werkstoff gezielt so ausgewählt, dass die Anforderungen bei möglichst geringer Masse erfüllt werden. Gemäß dem Motto „der richtige Werkstoff am richtigen Ort“, z. B. durch den Einsatz von Stählen für crashrelevante Bauteile und von Aluminiumlegierungen für die Außenhaut, entsteht ein Multimaterialmix. Die Übergänge zwischen den Werkstoffen sind die eigenschaftsbestimmenden Bereiche und stellen die größte Herausforderung bei der konstruktiven Auslegung der Karosserie dar. Daher ist es zwingend erforderlich, Aluminiumlegierungen mit Stählen qualitativ hochwertig, prozesssicher und kostengünstig zu fügen, um mit einer wirtschaftlich verträglichen Umsetzung von Karosserien in Mischbauweise den Kraftstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren sowie die Fahrdynamik zu erhöhen. In dieser Arbeit wird mit dieser Perspektive das Fügeverfahren Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen speziell für den Einsatz in der Automobilindustrie untersucht und bewertet.

### 1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Abhandlung beschreibt in Kapitel 2 die Grundlagen zum Fügen von Aluminiumlegierungen mit Stählen. Im Abschnitt 2.2 werden die Problemstellungen und im Abschnitt 2.3 die hierfür in Frage kommenden Verbindungstechniken erläutert. Die Grundlagen zum Rührreibschweißen von artgleichen und von hybriden Werkstoffpaarungen im Überlapp- und im Stumpfstoß werden im Kapitel 3 erörtert. Im Kapitel 4 wird aus dem Stand der Technik eine Zielsetzung abgeleitet und eine Vorgehensweise vorgestellt sowie in Kapitel 5 die verwendete Anlagentechnik, die eingesetzten Werkstoffe und die erforderlichen Auswertemethoden beschrieben. Die Kapitel 6 bis 8 bilden den Hauptteil der Arbeit. Zuerst wird im Kapitel 6 der Bindemechanismus thermisch und metallografisch untersucht. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Ermittlung von Steuer- und Störgrößen sowie in deren Korrelation mit den für die Verbindungen ermittelten Scherzug- bzw. Zugkräften ein. Im Anschluss wird in den Kapiteln 7 und 8 die Eignung des Rührreibschweißens von Aluminiumlegierungen mit Stählen für den Einsatz in der Automobilindustrie untersucht. Hierzu werden von den einzelnen Prozessschritten bei der Fertigung einer Karosserie und von deren erforderlichen Gebrauchseigenschaften Anforderungen an den Fügeprozess und die Verbindungsqualität abgeleitet und überprüft, inwieweit sie diese erfüllen. Im Kapitel 9 wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Abschließend erfolgt im Kapitel 10 eine Zusammenfassung der in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse. Des Weiteren wird eine Empfehlung für einen Einsatz in der Automobilindustrie ausgesprochen und ein Ausblick auf ein mögliches weiteres Vorgehen gegeben. Der Aufbau der Arbeit ist schematisch in Abbildung 1-1 dargestellt.

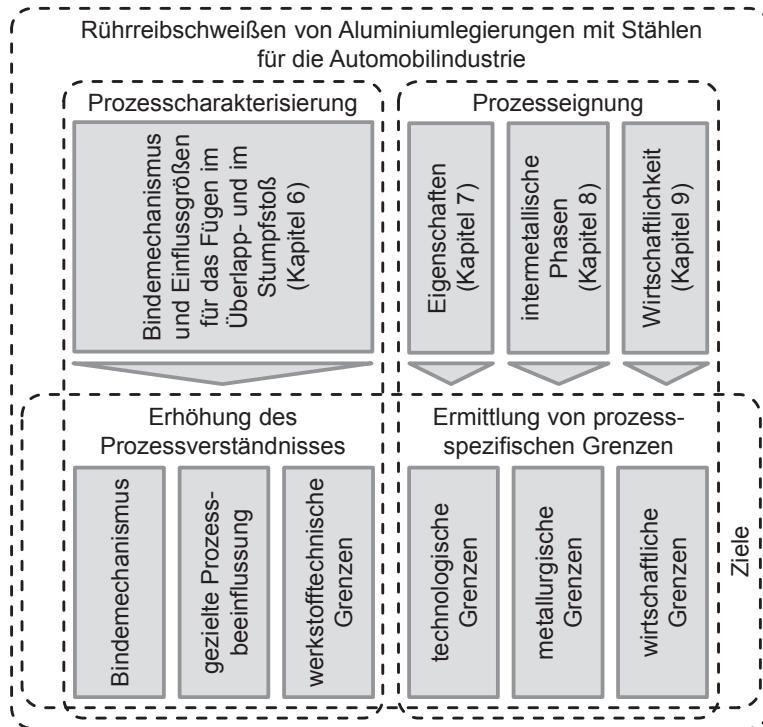


Abbildung 1-1: Schematische Darstellung des Aufbaus der Arbeit

# Seminarberichte IWB

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

Seminarberichte IWB sind erhältlich im Buchhandel oder beim  
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utzverlag.de, www.utzverlag.de

- |   |  |
|---|--|
| 1 Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung<br>115 Seiten · ISBN 3-931327-01-9                                     | 25 Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele<br>152 Seiten · ISBN 3-931327-25-6                           |
| 2 Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt<br>82 Seiten · ISBN 3-931327-02-7  | 26 Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag<br>110 Seiten · ISBN 3-931327-26-4                      |
| 3 Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung<br>110 Seiten · ISBN 3-931327-03-5                                    | 27 Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt<br>111 Seiten · ISBN 3-931327-27-2                             |
| 4 Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte<br>134 Seiten · ISBN 3-931327-04-3   | 28 Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt<br>154 Seiten · ISBN 3-931327-28-0                                 |
| 5 Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung<br>95 Seiten · ISBN 3-931327-05-1   | 29 Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlußseminar<br>156 Seiten · ISBN 3-931327-29-9  |
| 6 Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung<br>86 Seiten · ISBN 3-931327-76-0   | 30 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen  |
| 7 Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen<br>80 Seiten · ISBN 3-931327-77-9   | 31 Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends<br>183 Seiten · ISBN 3-931327-31-0  |
| 8 Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel<br>130 Seiten · ISBN 3-931327-78-7   | 32 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen  |
| 9 Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte<br>120 Seiten · ISBN 3-931327-79-5  | 33 3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension<br>181 Seiten · ISBN 3-931327-33-7  |
| 10 3D-Simulation - Schnell, sicherer und kostengünstiger zum Ziel<br>90 Seiten · ISBN 3-931327-10-8   | 34 Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz<br>102 Seiten · ISBN 3-931327-34-5                    |
| 11 Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion<br>110 Seiten · ISBN 3-931327-11-6   | 35 Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben<br>129 Seiten · ISBN 3-931327-35-3   |
| 12 Autonome Produktionsysteme<br>100 Seiten · ISBN 3-931327-12-4  | 36 Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion<br>124 Seiten · ISBN 3-931327-36-1                               |
| 13 Planung von Montageanlagen<br>130 Seiten · ISBN 3-931327-13-2  | 37 Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätsteigerung durch technische und organisatorische Ansätze<br>95 Seiten · ISBN 3-931327-37-X       |
| 14 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen   | 38 Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung<br>128 Seiten · ISBN 3-931327-38-8                               |
| 15 Flexible fluide Kleb/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung<br>80 Seiten · ISBN 3-931327-15-9  | 39 Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau<br>130 Seiten · ISBN 3-931327-39-6  |
| 16 Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart<br>80 Seiten · ISBN 3-931327-16-7   | 40 Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen<br>160 Seiten · ISBN 3-931327-40-X |
| 17 Industrieramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen<br>80 Seiten · ISBN 3-931327-17-5                                       | 41 Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen<br>146 Seiten · ISBN 3-89675-041-0  |
| 18 Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen<br>165 Seiten · ISBN 3-931327-18-3   | 42 Stückzahlflexible Montagesysteme<br>139 Seiten · ISBN 3-89675-042-9   |
| 19 Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung<br>85 Seiten · ISBN 3-931327-19-1                                       | 43 Produktivität und Verfügbarkeit ...durch Kooperation steigern<br>120 Seiten · ISBN 3-89675-043-7  |
| 20 Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen – Plug & Play – Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme<br>105 Seiten · ISBN 3-931327-20-5 | 44 Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von Mikrobauteilen<br>125 Seiten · ISBN 3-89675-044-5                                 |
| 21 Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen<br>95 Seiten · ISBN 3-931327-21-3   | 45 Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele<br>173 Seiten · ISBN 3-89675-045-3  |
| 22 Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale<br>95 Seiten · ISBN 3-931327-22-1                                  | 46 Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation<br>108 Seiten · ISBN 3-89675-046-1  |
| 24 EDM Engineering Data Management<br>195 Seiten · ISBN 3-931327-24-8   |  |

- 47 Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation  
131 Seiten · ISBN 3-89675-047-X
- 48 Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen  
106 Seiten · ISBN 3-89675-048-8
- 49 Rapid Prototyping - Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung  
150 Seiten · ISBN 3-89675-049-6
- 50 Rapid Manufacturing - Methoden für die reaktionsfähige Produktion  
121 Seiten · ISBN 3-89675-050-X
- 51 Flexibles Kleben und Dichten - Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle  
137 Seiten · ISBN 3-89675-051-8
- 52 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien  
124 Seiten · ISBN 3-89675-052-6
- 53 Mischverbindungen - Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung  
107 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 54 Virtuelle Produktion - Integrierte Prozess- und Produktsimulation  
133 Seiten · ISBN 3-89675-054-2
- 55 e-Business in der Produktion - Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele  
150 Seiten · ISBN 3-89675-055-0
- 56 Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug  
150 Seiten · ISBN 3-89675-056-9
- 57 Virtuelle Produktion - Datenintegration und Benutzerschnittstellen  
150 Seiten · ISBN 3-89675-057-7
- 58 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien  
169 Seiten · ISBN 3-89675-058-7
- 59 Automatisierte Mikromontage - Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik  
114 Seiten · ISBN 3-89675-059-3
- 60 Mechatronische Produktionsysteme - Genauigkeit gezielt entwickeln  
131 Seiten · ISBN 3-89675-060-7
- 61 Nicht erscheinen – wird nicht erscheinen
- 62 Rapid Technologien - Anspruch – Realität – Technologien  
100 Seiten · ISBN 3-89675-062-3
- 63 Fabrikplanung 2002 - Visionen - Umsetzung – Werkzeuge  
124 Seiten · ISBN 3-89675-063-1
- 64 Mischverbindungen - Einsatz und Innovationspotenzial  
143 Seiten · ISBN 3-89675-064-X
- 65 Fabrikplanung 2003 – Basis für Wachstum - Erfahrungen Werkzeuge Visionen  
136 Seiten · ISBN 3-89675-065-8
- 66 Mit Rapid Technologien zum Aufschwung - Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder  
185 Seiten · ISBN 3-89675-066-6
- 67 Mechatronische Produktionsysteme - Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvergehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder  
148 Seiten · ISBN 3-89675-067-4
- 68 Virtuelle Produktion - Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik  
139 Seiten · ISBN 3-89675-068-2
- 69 Kooperationsmanagement in der Produktion - Visionen und Methoden zur Kooperation – Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation – Kooperation entlang der Wertschöpfungskette  
134 Seiten · ISBN 3-89675-069-0
- 70 Mechatronik - Strukturodynamik von Werkzeugmaschinen  
161 Seiten · ISBN 3-89675-070-4
- 71 Klebtechnik - Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten  
ISBN 3-89675-071-2 - vergriffen
- 72 Fabrikplanung 2004 Erfolgsfaktor im Wettbewerb - Erfahrungen – Werkzeuge – Visionen  
ISBN 3-89675-072-0 - vergriffen
- 73 Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion - Erwartungen – Erfahrungen – Entwicklungen  
179 Seiten · ISBN 3-89675-073-9
- 74 Virtuelle Produktionssystemplanung - Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik  
133 Seiten · ISBN 3-89675-074-7
- 75 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen
- 76 Berührungslose Handhabung - Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle  
95 Seiten · ISBN 3-89675-076-3
- 77 ERP-Systeme - Einführung in die betriebliche Praxis - Erfahrungen, Best Practices, Visionen  
153 Seiten · ISBN 3-89675-077-7
- 78 Mechatronik - Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen  
155 Seiten · ISBN 3-89675-078-X
- 79 Produktionsmanagement  
267 Seiten · ISBN 3-89675-079-8
- 80 Rapid Manufacturing - Fertigungsverfahren für alle Ansprüche  
154 Seiten · ISBN 3-89675-080-1
- 81 Rapid Manufacturing - Heutige Trends – Zukünftige Anwendungsfelder  
172 Seiten · ISBN 3-89675-081-X
- 82 Produktionsmanagement - Herausforderung Variantenmanagement  
100 Seiten · ISBN 3-89675-082-8
- 83 Mechatronik - Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen  
160 Seiten · ISBN 3-89675-083-6
- 84 Virtuelle Inbetriebnahme - Von der Kür zur Pflicht?  
104 Seiten · ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 3D-Erfahrungsförderung - Innovation im Werkzeug- und Formenbau  
375 Seiten · ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 Rapid Manufacturing - Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung  
162 Seiten · ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 Produktionsmanagement - Schlanke im Mittelstand  
102 Seiten · ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 Mechatronik - Vorsprung durch Simulation  
134 Seiten · ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 RFID in der Produktion - Wertschöpfung effizient gestalten  
122 Seiten · ISBN 978-3-89675-089-1
- 90 Rapid Manufacturing und Digitale Fabrik - Durch Innovation schnell und flexibel am Markt  
100 Seiten · ISBN 978-3-89675-090-7
- 91 Robotik in der Kleinserienproduktion – Die Zukunft der Automatisierungstechnik  
ISBN 978-3-89675-091-4
- 92 Rapid Manufacturing - Ressourceneffizienz durch generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau  
ISBN 978-3-89675-092-1
- 93 Handhabungstechnik - Innovative Greiftechnik für komplexe Handhabungsaufgaben  
136 Seiten · ISBN 978-3-89675-093-8
- 94 iwb Seminarreihe 2009 Themengruppe Werkzeugmaschinen  
245 Seiten · ISBN 978-3-89675-094-5
- 95 Zuführtechnik - Herausforderung der automatisierten Montage!  
111 Seiten · ISBN 978-3-89675-095-2
- 96 Risikobewertung bei Entscheidungen im Produktionsumfeld - Seminar »Risiko und Chance«  
151 Seiten · ISBN 978-3-89675-096-9
- 97 Seminar Rapid Manufacturing 2010 - Innovative Einsatzmöglichkeiten durch neue Werkstoffe bei Schichtbauverfahren  
180 Seiten · ISBN 978-3-89675-097-6

- 98 Handhabungstechnik - Der Schlüssel für eine automatisierte Herstellung von Composite-Bauteilen  
260 Seiten · ISBN 978-3-89675-098-3
- 99 Abschlussveranstaltung SimuSint 2010 - Modulares Simulationsystem für das Strahlschmelzen  
270 Seiten · ISBN 978-3-89675-099-0
- 100 Additive Fertigung: Innovative Lösungen zur Steigerung der Bauteilqualität bei additiven Fertigungsverfahren  
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-4114-7
- 101 Mechatronische Simulation in der industriellen Anwendung  
91 Seiten · ISBN 978-3-8316-4149-9
- 102 Wissensmanagement in produzierenden Unternehmen  
ISBN 978-3-8316-4169-7
- 103 Additive Fertigung: Bauteil- und Prozessauslegung für die wirtschaftliche Fertigung  
ISBN 978-3-8316-4188-8
- 104 Ressourceneffizienz in der Lebensmittelkette  
ISBN 978-3-8316-4192-5
- 105 Werkzeugmaschinen: Leichter schwer zerspanen! - Herausforderungen und Lösungen für die Zerspanung von Hochleistungswerkstoffen  
120 Seiten · ISBN 978-3-8316-4217-5
- 106 Batterieproduktion – Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher  
108 Seiten · ISBN 978-3-8316-4221-2
- 107 Batterieproduktion – Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher  
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-4249-6

## Forschungsberichte IWB

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

Band 1–121, herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. J. Milberg und Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart, sind im Springer Verlag, Berlin, Heidelberg erschienen

Forschungsberichte IWB ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim  
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, [info@utzverlag.de](mailto:info@utzverlag.de), [www.utzverlag.de](http://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 Koordination 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 Industrierakemik  
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 Laserstrahl schweißen  
193 Seiten · ISBN 978-3-89675-730-2
- 139 *Khalid-Alexander Sabah*: 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 Sprenzel*: 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 Lehner*: Beschreibung des Nd:YAG-Laserstrahlenschweißprozesses von Magnesiumumdruckguss  
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*: Sensorgeführte 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 geregelter 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 Rudorfer*: 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 leistungsfester 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 Roßgodeyer*: 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 telepräsentierer Montagesysteme  
158 Seiten · ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 *Wolff 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 Berlk*: 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 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 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 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 Laserstrahl schweißens 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 Einerer*: 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 Schlickenrieder*: 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 Stiel*: 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 Planungsfreiraumern  
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 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 telepräseste 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 kraftrückkopplenden Handschuhen  
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 *Matthäus Sigl*: Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlintern  
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 *Mark Harfenseller*: Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets  
198 Seiten · ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 *Jochen Werner*: Methode zur roboterbasiereten 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 978-3-8316-0874-4
- 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 978-3-8316-0878-8
- 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*: 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*: Bahnanpassalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahlschweißen  
176 Seiten · ISBN 978-3-8316-0948-2
- 235 *Georg Völlner*: Röhreleinschweißen 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*: Modularer Vibrationswendelförderer zur 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 Schipf*: Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräzisen  
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-4063-8
- 245 *Stefan Lutzmann*: Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahlenschmelzens  
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 berührungsloser 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 Mork*: Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserieteilen in Presswerkzeugen 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 Röhreleinschweißen  
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 Radi*: Workspace scaling and haptic feedback for industrial telepresence and teleaction systems with heavy-duty teleoperators  
172 Seiten · ISBN 978-3-8316-4195-6
- 262 *Marcus Ruhstorfer*: Röhreleinschweißen 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 pulverbetriebenen 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 pulverbeschichtete 3D-Drucken  
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-4223-6
- 267 *Florian Oefele*: Remote-Laserstrahlenschweißen 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 Bauteillagebestimmung bei der Montage optischer Mikrokomponenten  
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4234-6
- 270 *Stefan Krug*: Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce)  
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-4243-4
- 271 *Marc Lotz*: Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit beim Schwunggrad-Reibschweißen durch modellbasierte Regelungsverfahren  
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 *William Brice Tekuno Moutchiho*: 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 Hennauer*: Entwicklungsbegleitende Prognose der mechanotrischen 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 Wertschöpfungsconfigurationen 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 *Mathey 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*: Aktive Dämpfungssystem zur Ratterunterdrückung an spanenden Werkzeugmaschinen  
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-4408-7
- 291 *Alexander Schöber*: Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktursimulation  
214 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 Elektronenstrahlenschmelzen (EBSM)  
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 *Sebastian Schindler*: Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion  
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4434-6
- 295 *Tobias Föcker*: Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärtingens  
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*: Röhrengusschweißen 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