

Michael Loy

**Modulare Vibrationswendelförderer zur  
flexiblen Teilezuführung**



Herbert Utz Verlag · München

## **Forschungsberichte IWB**

Band 240

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2010

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 · 2010

ISBN 978-3-8316-4027-0

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>Abbildungsverzeichnis .....</b>   | <b>V</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis .....</b>   | <b>IX</b> |
| <b>Verzeichnis der Abkürzungen und Indizes .....</b>   | <b>XI</b> |
| <b>Formelzeichen .....</b>   | <b>XV</b> |
| <b>1 Einleitung .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Situation in der Montagetechnik.....   | 1         |
| 1.2 Zielsetzung und Vorgehen.....  | 2         |
| <b>2 Teilezuführung in der Montage .....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 Begriffsdefinitionen.....  | 5         |
| 2.2 Der Vibrationswendelförderer.....  | 7         |
| 2.2.1 Produktionstechnische Bedeutung .....  | 7         |
| 2.2.2 Prinzipieller Aufbau und Kinematik .....   | 8         |
| 2.2.3 Fördermechanismus.....   | 11        |
| 2.2.4 Ausführungen und Peripheriegeräte.....   | 12        |
| 2.3 Strategien der Teilezuführung für automatische Montageanlagen.....                         | 16        |
| 2.3.1 Überblick .....  | 16        |
| 2.3.2 Ordnungszustände angelieferter Kleinteile .....  | 17        |
| 2.3.3 Automatische Teilbereitstellung bei ungeordneten Bauteilen.....                          | 19        |
| 2.4 Einsatz der automatischen Teilbereitstellung in unterschiedlichen<br>Montagesystemen ..... | 21        |
| 2.5 Analyse bestehender Systeme zur flexiblen Kleinteilzuführung.....                          | 23        |
| 2.5.1 Flexible Zuführsysteme mit optischer Bauteilerkennung .....                              | 23        |
| 2.5.1.1 Direktes Greifen von teil- und ungeordneten Bauteilen ..                               | 23        |
| 2.5.1.2 VWF mit optischer Bauteilerkennung .....   | 25        |
| 2.5.1.3 Zusammenfassung.....   | 27        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.5.2    | Aerodynamische Zuführsysteme.....   | 27        |
| 2.5.3    | Flexible Zuführgeräte mit mechanischer Bauteilorientierung .....                          | 28        |
| 2.5.3.1  | Geräte ohne Vibrationswendelförderer.....   | 28        |
| 2.5.3.2  | Geräte auf der Basis des Vibrationswendelförderers.....                                   | 29        |
| 2.6      | Zusammenfassung .....   | 31        |
| <b>3</b> | <b>Anforderungen an das modulare Zuführsystem .....</b>                                   | <b>35</b> |
| 3.1      | Allgemeine Forderung aus der Analyse der Teilezuführung.....                              | 35        |
| 3.2      | Definition der Anforderungen .....  | 35        |
| <b>4</b> | <b>Entwicklung des modularen Zuführsystems auf Basis des VWF .....</b>                    | <b>39</b> |
| 4.1      | Funktionsanalyse und Systembetrachtung des VWF .....                                      | 39        |
| 4.2      | Anordnung des Ordnungsbereichs.....   | 42        |
| 4.3      | Detaillierung des Konzepts „Modularer Ordnungsring“ .....                                 | 45        |
| 4.3.1    | Schnittstelle zu den einzelnen Ordnungsmodulen .....                                      | 45        |
| 4.3.2    | Festlegung der konstruktiven Antriebsparameter .....                                      | 50        |
| 4.4      | Experimentelle Ermittlung des Betriebsfrequenzverhältnisses für den<br>Ordnungsring ..... | 53        |
| 4.5      | Standardaufbau des Ordnungsringes .....   | 56        |
| 4.6      | Abschätzung der Zuführleistung.....   | 57        |
| 4.7      | Zusammenfassung .....   | 60        |
| <b>5</b> | <b>Methodik zur Entwicklung der Module des Ordnungsringes .....</b>                       | <b>61</b> |
| 5.1      | Überblick .....   | 61        |
| 5.2      | Gestaltung der funktionalen Geometrie der Module .....                                    | 61        |
| 5.3      | Optimierung des Betriebsverhaltens.....   | 63        |
| <b>6</b> | <b>Entwicklung der funktionalen Modulgeometrie.....</b>                                   | <b>65</b> |
| 6.1      | Überblick .....   | 65        |
| 6.2      | Gestaltung des Hauptorientierungssegments.....  | 65        |
| 6.2.1    | Funktionalität der Ordnungslösung.....  | 65        |
| 6.2.2    | Generelle Hinweise zur Gestaltung der Ordnungsschikanen.....                              | 66        |
| 6.2.3    | Aktives Ordnen im Ringumlauf .....  | 69        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 6.3      | Bauteilzusammenführung .....   | 70        |
| 6.3.1    | Anforderungen.....   | 70        |
| 6.3.2    | Möglichkeiten der Zusammenführung .....                                  | 71        |
| 6.3.3    | Analyse der Bauteilgeometrie .....                                       | 73        |
| 6.4      | Anwendungsbeispiele .....  | 76        |
| 6.4.1    | Überblick .....  | 76        |
| 6.4.2    | Beispielbauteil Wirbeldüse.....  | 77        |
| 6.4.3    | Beispielbauteil Stellhebel .....   | 80        |
| 6.4.4    | Flexible Zuführung von Wirbeldüse, Sprühdüse und Stellhebel ...          | 83        |
| <b>7</b> | <b>Optimierung des Betriebsverhaltens in der Konstruktionsphase.....</b> | <b>85</b> |
| 7.1      | Überblick .....  | 85        |
| 7.2      | Kriterien zum Auswuchten des Ordnungsrings.....                          | 85        |
| 7.2.1    | Grundlagen .....   | 85        |
| 7.2.1.1  | Überblick.....   | 85        |
| 7.2.1.2  | Statische Unwucht .....  | 86        |
| 7.2.1.3  | Dynamische Unwucht.....  | 87        |
| 7.2.1.4  | Allgemeiner Unwuchtzustand.....  | 89        |
| 7.2.2    | Auswuchten des Ordnungsrings.....  | 90        |
| 7.3      | Modellierung des Zuführsystems .....                                     | 91        |
| 7.3.1    | Überblick .....  | 91        |
| 7.3.2    | Analytische Modelle für VWF .....  | 91        |
| 7.3.3    | Modellierung des neuen Zuführsystems .....                               | 94        |
| 7.3.3.1  | Grundlagen.....  | 94        |
| 7.3.3.2  | Kinematik und generalisierte Koordinate .....                            | 95        |
| 7.3.3.3  | Massenträgheiten .....   | 98        |
| 7.3.3.4  | Gummifedern .....  | 98        |
| 7.3.3.5  | Blattfedern.....   | 101       |
| 7.3.3.6  | Bewegungsgleichungen und Eigenfrequenzen .....                           | 108       |
| 7.3.4    | Anwendung des Modells .....  | 109       |
| 7.4      | Vorgehen bei der schwingungstechnischen Abstimmung.....                  | 111       |

|   |            |
|---|------------|
| <b>8 Technische und wirtschaftliche Bewertung .....</b>                             | <b>113</b> |
| 8.1 Betrachtungsraum .....  | 113        |
| 8.2 Technische Leistungsmerkmale.....   | 113        |
| 8.3 Wirtschaftlicher Einsatz.....   | 117        |
| 8.3.1 Investitionskosten.....   | 117        |
| 8.3.2 Betrachtung des gesamten Lebenszyklus.....                                    | 121        |
| 8.4 Zusammenfassung .....   | 124        |
| <b>9 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>   | <b>127</b> |
| 9.1 Zusammenfassung .....   | 127        |
| 9.2 Ausblick.....   | 129        |
| <b>10 Literatur .....</b>   | <b>131</b> |
| <b>11 Anhang.....</b>   | <b>141</b> |
| 11.1 Bauteillagen im Ringumlauf.....  | 141        |
| 11.2 Berechnung des Kapitalwerts der Auszahlungen im gesamten<br>Lebenszyklus ..... | 142        |
| 11.2.1 Energiebedarf .....  | 142        |
| 11.2.2 Beispielberechnung für den Kapitalwert der Auszahlungen.....                 | 142        |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| <i>Abbildung 1: Aufbau der Arbeit</i> .....  | 4  |
| <i>Abbildung 2: Aktives und passives Ordnen</i> .....  | 6  |
| <i>Abbildung 3: Aufbau des Vibrationswendelförderers</i> .....   | 8  |
| <i>Abbildung 4: Beschleunigungen an einem Punkt P der Förderwendel über dem<br/>Mittelpunktskreis der Blattfedern</i> .....  | 9  |
| <i>Abbildung 5: Förderzustände bei der Schwingförderung</i> .....  | 12 |
| <i>Abbildung 6: Schematische Darstellung verfügbarer Komponenten von VWF und<br/>deren Peripheriegeräte (Abbildungen aus AFAG AG 2008, MRW<br/>C.M. FUISTING 2005)</i> ..... | 13 |
| <i>Abbildung 7: Bauarten von Fördertöpfen im Schnitt</i> .....   | 13 |
| <i>Abbildung 8: Strategien der automatischen Teilebereitstellung</i> .....   | 18 |
| <i>Abbildung 9: VWF mit Bildverarbeitung (Festo AG 2005)</i> .....   | 25 |
| <i>Abbildung 10: Funktionsbeschreibung des VWF mit zwei passiven Ordnungs-<br/>schikanen (VDI RICHTLINIE 2860)</i> .....   | 39 |
| <i>Abbildung 11: Systembetrachtung des VWF (Abbildungen aus AFAG AG 2008)</i> ....   | 40 |
| <i>Abbildung 12: Grundaufbau modulares Zuführsystem</i> .....  | 51 |
| <i>Abbildung 13: Befüllen und Leerfördern eines VWF bei überkritischem Betriebs-<br/>punkt</i> .....   | 52 |
| <i>Abbildung 14: Versuchsaufbau zur experimentellen Modalanalyse</i> .....   | 53 |
| <i>Abbildung 15: Versuchsaufbau und -bauteil zur Bestimmung des optimalen<br/>Betriebsfrequenzverhältnisses</i> .....  | 54 |
| <i>Abbildung 16: Ringbeschleunigung und Fördergeschwindigkeit in Abhängigkeit<br/>des Betriebsfrequenzverhältnisses</i> .....  | 55 |
| <i>Abbildung 17: Fördergeschwindigkeiten <math>v/v_{max}</math> bei leerem und voll befülltem<br/>Ordnungsring</i> .....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Abbildung 18: Standardaufbau des Ordnungsrings</i> .....   | 57 |
| <i>Abbildung 19: Teileströme im modularen Zuführsystem</i> .....  | 57 |
| <i>Abbildung 20: Einpendeln des stationären Förderzustands nach dem Einschalten des Zuführsystems</i> .....             | 59 |
| <i>Abbildung 21: Zuführleistung des neuen Zuführsystems und Leistungssteigerung gegenüber konventionellem VWF</i> ..... | 60 |
| <i>Abbildung 22: Methodik zur Entwicklung der Ringmodule</i> .....  | 62 |
| <i>Abbildung 23: Angeschrägte Förderstrecke</i> .....   | 67 |
| <i>Abbildung 24: Beschleunigungen an geraden und spiralförmigen Förderstrecken</i>                                      | 68 |
| <i>Abbildung 25: Zusammenführung in radialer und vertikaler Richtung</i> .....  | 72 |
| <i>Abbildung 26: Koordinaten und Begrenzungsflächen von Bauteilen</i> .....   | 74 |
| <i>Abbildung 27: Methodik zur Auswahl des geeigneten Zusammenführungsprinzips</i>                                       | 75 |
| <i>Abbildung 28: Geometrie und Orientierungen der Wirbeldüse</i> .....  | 77 |
| <i>Abbildung 29: Ordnungslösung und aktive Schikane der Wirbeldüse</i> .....  | 78 |
| <i>Abbildung 30: Zuführsystem für Wirbeldüsen</i> .....   | 79 |
| <i>Abbildung 31: Geometrie und Orientierungen des Stellhebels</i> .....   | 80 |
| <i>Abbildung 32: Ordnungslösung des Stellhebels</i> .....   | 81 |
| <i>Abbildung 33: Aktive Drehung des Stellhebels</i> .....   | 81 |
| <i>Abbildung 34: Auswahl des Zusammenführungsprinzips für den Stellhebel</i> .....                                      | 82 |
| <i>Abbildung 35: Zuführsystem für Stellhebel</i> .....  | 82 |
| <i>Abbildung 36: Statischer Unwuchtzustand und dessen Ausgleich</i> .....   | 86 |
| <i>Abbildung 37: Dynamischer Unwuchtzustand und dessen Ausgleich</i> .....  | 87 |
| <i>Abbildung 38: Allgemeiner Unwuchtzustand und dessen Ausgleich</i> .....  | 89 |
| <i>Abbildung 39: Minimierung der dynamischen Unwucht durch Modulgestaltung</i> ..                                       | 90 |



---

|   |     |
|---|-----|
| <i>Abbildung 40: Strukturanalyse des neuen Zuführsystems .....</i>  | 91  |
| <i>Abbildung 41: Modellierung des VWF nach OKABE &amp; YOKOYAMA (OKABE &amp; YOKOYAMA 1981).....</i>  | 92  |
| <i>Abbildung 42: Modellierung des VWF nach SILVERSIDES et al. (SILVERSIDES et al. 2005) .....</i>   | 93  |
| <i>Abbildung 43: Kinematik des Ringsystems .....</i>  | 96  |
| <i>Abbildung 44: Zerlegung der Hauptverformungsrichtung der Blattfeder .....</i>  | 96  |
| <i>Abbildung 45: Zuordnung der Koordinaten zu den Starrkörpern des Zuführsystems .....</i>  | 97  |
| <i>Abbildung 46: Ausschwingversuch zur Bestimmung der Steifigkeit der GummifüÙe.....</i>  | 99  |
| <i>Abbildung 47: Charakteristischer Beschleunigungsverlauf eines Ausschwingversuchs .....</i>   | 100 |
| <i>Abbildung 48: Geometrie und auftretende Verformungen der Blattfeder.....</i>   | 102 |
| <i>Abbildung 49: Einspannung der Blattfeder.....</i>  | 102 |
| <i>Abbildung 50: Linearer Bereich der Spannungs-Dehnungskurven des Faserverbundwerkstoffes .....</i>  | 104 |
| <i>Abbildung 51: Verschraubung der Blattfeder .....</i>   | 105 |
| <i>Abbildung 52: Vergleich Blattfedersteifigkeit schiefe Biegung zu Biegung um <math>y_F</math>-Achse, aufgetragen über den Federradius (Ringsystem) .....</i>      | 106 |
| <i>Abbildung 53: Abhängigkeit der Blattfedersteifigkeit von der freien Federlänge</i>   | 107 |
| <i>Abbildung 54: Vollständiges Vier-Massen-Modell des neuen Zuführsystems .....</i>   | 108 |
| <i>Abbildung 55: Vorgehen zur schwingungstechnischen Abstimmung .....</i>   | 112 |
| <i>Abbildung 56: Einordnung des modularen Ordnungsrings bezüglich Zuführleistung und Flexibilität (Abbildungen aus FESTO AG 2005, MRW C.M. FUISTING 2007) .....</i> | 117 |

|  |            |
|--|------------|
| <i>Abbildung 57: Vergleich der Investitionskosten von auf VWF basierenden, flexiblen Zuführsystemen .....</i>                                    | <i>120</i> |
| <i>Abbildung 58: Auszahlungen in Abhängigkeit von der Unverfügbarkeit (Beispiel für sechs Varianten und zwei Variantenwechsel pro Tag) .....</i> | <i>124</i> |

## Tabellenverzeichnis

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>Tabelle 1:</i>  | <i>Klassifizierung von Ordnungsprinzipien (BOOTHROYD et al. 1976) 10</i>  |
| <i>Tabelle 2:</i>  | <i>Kleinteilbereitstellung in verschiedenen Montagesystemen..... 23</i>   |
| <i>Tabelle 3:</i>  | <i>Übersicht flexibler Zuführsysteme (Abbildungen aus ADEPT TECHNOLOGY GMBH 2006, FIEGE et al. 2007, MRW C.M. FUISTING 2007, RHEIN-NADEL AUTOMATION GMBH 2007) ..... 33</i> |
| <i>Tabelle 4:</i>  | <i>Anforderungen an das neue Zuführsystem ..... 37</i>  |
| <i>Tabelle 5:</i>  | <i>Bewertung der Konzepte zur Anordnung des Ordnungsbereichs.... 44</i>   |
| <i>Tabelle 6:</i>  | <i>Konzepte zur Schnittstelle der Ordnungsmodule..... 46</i>  |
| <i>Tabelle 7:</i>  | <i>Bestimmung der Gewichtungsfaktoren durch paarweisen Vergleich..... 47</i>  |
| <i>Tabelle 8:</i>  | <i>Bewertung und Auswahl der besten Schnittstellenlösung ..... 50</i>   |
| <i>Tabelle 9:</i>  | <i>Aktive Schikanen für den Ringumlauf..... 69</i>  |
| <i>Tabelle 10:</i> | <i>Anforderungen an die Zusammenführung ..... 71</i>  |
| <i>Tabelle 11:</i> | <i>Daten der Beispielbauteile ..... 76</i>  |
| <i>Tabelle 12:</i> | <i>Vergleich der berechneten und gemessenen Federsteifigkeiten.... 103</i>  |
| <i>Tabelle 13:</i> | <i>Einfluss der E-Modul-Schwankungen auf die berechneten Federsteifigkeiten ..... 105</i>   |
| <i>Tabelle 14:</i> | <i>Überprüfung des Modells ..... 109</i>  |
| <i>Tabelle 15:</i> | <i>Massen und Massenträgheitsmomente von Ring und Kreisscheibe (LACKMANN 2007) ..... 111</i>  |
| <i>Tabelle 16:</i> | <i>Vergleich der Zuführleistungen VWF-basierter Zuführsysteme.... 116</i>   |
| <i>Tabelle 17:</i> | <i>Kosten mechanischer Zuführsysteme..... 118</i>   |
| <i>Tabelle 18:</i> | <i>Kosten VWF mit Bildverarbeitung ..... 119</i>  |
| <i>Tabelle 19:</i> | <i>Daten zur Berechnung der Auszahlungen im Lebenszyklus ..... 122</i>  |

|                    |   |            |
|--------------------|---|------------|
| <i>Tabelle 20:</i> | <i>Unterschiede in den Auszahlungen in Abhängigkeit von der Anzahl der Varianten und der Variantenwechsel pro Tag .....</i> | <i>123</i> |
| <i>Tabelle 21:</i> | <i>Bestimmung der Kontaktflächen für bestimmte Zusammenführungen .....</i>  | <i>141</i> |
| <i>Tabelle 22:</i> | <i>Vergleich der Leistungsaufnahmen .....</i>   | <i>142</i> |
| <i>Tabelle 23:</i> | <i>Beispielhafte Berechnung des Kapitalwerts der Auszahlungen für den modularen Ordnungsring .....</i>                      | <i>143</i> |
| <i>Tabelle 24:</i> | <i>Beispielhafte Berechnung des Kapitalwerts der Auszahlungen für den passiven VWF mit Bildverarbeitung .....</i>           | <i>143</i> |

## Verzeichnis der Abkürzungen und Indizes

### Abkürzungen

|       |   |
|-------|---|
| 3D    | Dreidimensional                                     |
| CAD   | Computer Aided Design                               |
| DIN   | Deutsches Institut für Normung                      |
| HOS   | Hauptorientierungssegment                           |
| OG    | Orientierungsgrad                                   |
| OS    | Ordnungsschikane                                    |
| OZ    | Ordnungszustand                                     |
| PG    | Positionierungsgrad                                 |
| SCARA | Selective Compliant Assembly Robot Arm              |
| SMED  | Single Minute Exchange of Die                       |
| SP    | Schwerpunkt   |
| VDI   | Verein Deutscher Ingenieure e. V.                   |
| VWF   | Vibrationswendelförderer                            |
| XY+   | Kontaktfläche parallel zur $xy$ -Ebene, $z$ positiv |
| XY-   | Kontaktfläche parallel zur $xy$ -Ebene, $z$ negativ |
| XZ+   | Kontaktfläche parallel zur $xz$ -Ebene, $y$ positiv |
| XZ-   | Kontaktfläche parallel zur $xz$ -Ebene, $y$ negativ |
| YZ+   | Kontaktfläche parallel zur $yz$ -Ebene, $x$ positiv |
| YZ-   | Kontaktfläche parallel zur $yz$ -Ebene, $x$ negativ |
| ZF    | Zusammenführung                                     |

**Indizes**

|      |                      |
|------|----------------------|
|      | Parallel             |
| ⊥    | Senkrecht            |
| ax   | Axial                |
| B    | Bauteil              |
| BF   | Blattfeder           |
| dyn  | Dynamisch            |
| EMS  | Ein-Massen-Schwinger |
| F    | Feder                |
| GF   | Gummifeder           |
| i    | Laufvariable         |
| j    | Laufvariable         |
| kin  | Kinetisch            |
| max  | Maximal              |
| pot  | Potentiell           |
| P    | Punkt P betreffend   |
| P'   | Punkt P' betreffend  |
| R    | Ringsystem           |
| RU   | Ringumlauf           |
| rot  | Rotatorisch          |
| stat | Statisch             |
| S    | Schub                |
| SP   | Schwerpunkt          |

|          |                                |
|----------|--------------------------------|
| $\Sigma$ | Gesamt                         |
| trans    | Translatorisch                 |
| um       | Umfang                         |
| W        | Vibrationswendelförderer (VWF) |
| WO       | Wunschorientierung             |
| Z        | Unwuchtausgleich               |
| ZD       | Zug/Druck                      |
| ZMS      | Zwei-Massen-Schwinger          |

## Formelzeichen

| Formelzeichen  | Einheit            | Bedeutung                       |
|----------------|--------------------|---------------------------------|
| $\mathbf{a}$   | $\text{m/s}^2$     | Beschleunigungsvektor           |
| $A$            | $\text{kgmm}$      | Substitutionsvariable           |
| $b$            | $\text{mm}$        | Breite                          |
| $c$            | $\text{N/mm}$      | Steifigkeit                     |
| $c_\varphi$    | $\text{Nmm/rad}$   | Steifigkeit bei Drehfedern      |
| $d$            | $\text{mm}$        | Durchmesser                     |
| $\mathbf{D}$   | $\text{kg/s}$      | Dämpfungsmatrix                 |
| $e$            | $\text{mm}$        | Exzentrizität                   |
| $E$            | $\text{N/mm}^2$    | E-Modul                         |
| $E$            | $\text{Nm}$        | Energie                         |
| $f$            | $\text{Hz}$        | Frequenz                        |
| $\mathbf{f}_A$ | $\text{N}$         | Vektor der anregenden Kraft     |
| $FL$           | $\text{Teile/min}$ | Förderleistung                  |
| $h$            | $\text{mm}$        | Höhe                            |
| $i$            | $\text{\%/Jahr}$   | Zinssatz für Diskontierung      |
| $I$            | $\text{mm}^4$      | Flächenträgheitsmoment          |
| $I_0$          | $\text{€}$         | Investition zum Zeitpunkt $t_0$ |
| $k$            | $\text{N/mm}$      | Element der Steifigkeitsmatrix  |
| $K_0$          | $\text{€}$         | Auszahlung zum Zeitpunkt $t_0$  |
| $K_t$          | $\text{€}$         | Auszahlung in der Periode $t$   |



## Formelzeichen

---

|                |           |  |
|----------------|-----------|--|
| <b>K</b>       | N/mm      | Steifigkeitsmatrix                     |
| <i>l</i>       | mm        | Länge                                  |
| <i>L</i>       | Nm        | Lagrange - Funktion                    |
| <i>m</i>       | kg        | Masse                                  |
| $\tilde{m}$    | kg        | Auf <i>q</i> bezogene Massenträgheit   |
| <b>M</b>       | kg        | Massenmatrix                           |
| <i>n</i>       | -         | Anzahl der Perioden                    |
| <i>p</i>       | %         | Wahrscheinlichkeit                     |
| <i>q</i>       | mm        | Generalisierte Koordinate              |
| <b>q</b>       | mm        | Vektor der generalisierten Koordinaten |
| <i>Q</i>       | N         | Querkraft am Biegebalken               |
| <i>r</i>       | mm        | Radius                                 |
| $R_0$          | mm        | Federradius                            |
| <i>t</i>       | s         | Zeit                                   |
| <i>t</i>       | Jahr      | Periode                                |
| <i>T</i>       | s         | Periodendauer                          |
| <i>U</i>       | kgmm      | Unwucht                                |
| <i>v</i>       | m/min     | Fördergeschwindigkeit                  |
| <i>w</i>       | mm        | Durchsenkung des Biegebalkens          |
| <i>x, y, z</i> | mm        | Kartesische Koordinaten                |
| <i>ZL</i>      | Teile/min | Zuführleistung                         |

**Griechische Symbole**

|                  |                    |   |
|------------------|--------------------|---|
| $\alpha$         | °                  | Anschrägungswinkel                            |
| $\gamma$         | °                  | Anstellwinkel der Blattfedern                 |
| $\delta$         | 1/s                | Abklingkonstante                              |
| $\eta$           | -                  | Betriebsfrequenzverhältnis                    |
| $\vartheta$      | °                  | Rinnenanstiegswinkel                          |
| $\Theta$         | kgmm <sup>2</sup>  | Massenträgheitsmoment                         |
| $\Theta$         | kgmm <sup>2</sup>  | Massenträgheitstensor                         |
| $\rho$           | kg/m <sup>3</sup>  | Dichte  |
| $\varphi$        | rad                | Verdrehwinkel des Fördertopfes                |
| $\dot{\varphi}$  | rad/s              | Verdrehwinkelgeschwindigkeit des Fördertopfes |
| $\ddot{\varphi}$ | rad/s <sup>2</sup> | Verdrehwinkelbeschleunigung des Fördertopfes  |
| $\phi$           | -                  | Element des Eigenvektors                      |
| $\phi$           | -                  | Eigenvektor                                   |
| $\Phi$           | -                  | Matrix der Eigenvektoren                      |
| $\psi$           | °                  | Schwingwinkel                                 |
| $\omega$         | rad/s              | Betriebskreisfrequenz                         |
| $\omega_0$       | rad/s              | Eigenkreisfrequenz                            |
| $\omega_D$       | rad/s              | Resonanzkreisfrequenz                         |

# 1 Einleitung

## 1.1 Situation in der Montagetechnik

„Wenn die Zuführaufgabe gelöst ist, ist die Montageaufgabe gelöst!“ – diese unter Anlagenkonstrukteuren verbreitete Aussage betont die Herausforderung der Teilebereitstellung in der automatisierten Montage. Laut HESSE gehört das automatische Ordnen von Kleinteilen zu den schwierigsten und teuersten Handhabungsoperationen (HESSE 2000). Im Vergleich zur Zuführtechnik stehen die Fügeverfahren, die zur Montage eines Produktes benötigt werden, nach der Konstruktion in der Regel bereits fest. Dabei können für den überwiegenden Teil der kraft- und formschlüssigen Verbindungen durch Anpassung von Standardlösungen vergleichsweise schnell zuverlässige Konzepte für automatische Anlagen erstellt und umgesetzt werden. Auch für Handhabungsschritte mit bereits geordneten Bauteilen sind zahlreiche bewährte Lösungen verfügbar (HESSE 1993, WARNECKE & SCHRAFT 1987).

Die Aufgabe der Zuführtechnik im Montagesystem ist das zeitgerechte Bereitstellen der zu verarbeitenden Werkstücke in der richtigen Orientierung und Position. Dabei müssen zunächst die richtige Strategie und danach das richtige Zuführsystem aus einer Vielzahl von Möglichkeiten bestimmt werden. Kleinteile werden heute überwiegend ungeordnet an der Montageanlage angeliefert (EDBAUER 2005). In den meisten Fällen werden sie dort durch einen Vibrationswendelförderer (VWF) aus dem Haufwerk vereinzelt, orientiert und dann zur Montage weitergegeben. Die VWF werden dabei in der Regel von erfahrenen Konstrukteuren ausgelegt und nach der Umsetzung in aufwendigen Versuchen an die jeweilige Teilegeometrie angepasst. Trotzdem ist die Zuverlässigkeit der Systeme vergleichsweise niedrig – VWF verursachen immer noch den Großteil aller auftretenden Störungen bei automatischen Montageanlagen (MOTTA 1996).

Unter der Veränderung des Produktionsumfelds wird die Lösung der Zuführaufgabe zunehmend schwieriger. Deutsche Unternehmen stehen heute bei stärkerem Preisdruck vor der Herausforderung, kundenindividuelle Produkte zu fertigen. Deren Variantenvielfalt steigt bei gleichzeitig kürzer werdenden Produktlebenszyklen und sinkender Prognosesicherheit ständig an (SCHUH et al. 2008). Dies bedingt eine Anpassung der verwendeten Montagesysteme: einerseits sind hochflexible, manuelle Produktionssysteme aufgrund der hohen Lohnkosten nicht mehr wettbewerbsfähig, andererseits lohnt sich die Investition teurerer vollautomatisierter Einzellautomaten für die geringen Losgrößen nicht.

Zwischen diesen beiden Extrema gewinnt die automatisierte, flexible Montage von Klein- und Mittelserien immer mehr an Bedeutung (FELDMANN et al. 2004, WESTKÄMPER 2001). Aber auch im Bereich der Großserien nehmen Variantenwechsel zu. Dementsprechend befinden sich in derartigen Montagesystemen heute bereits verschiedene, flexible Geräte wie beispielsweise programmierbare Industrieroboter mit anpass- oder wechselbaren Greifern. Einen Engpass stellt jedoch nach wie vor die automatisierte Zuführtechnik dar (JONEJA & LEE 1998).

VWF bestechen durch niedrige Investitionskosten und hohe Effizienz (HESSE 2000), sind aber in ihrer klassischen Ausführung immer an eine bestimmte Bauteilgeometrie angepasst und weisen damit nicht die geforderte Flexibilität auf. Um die Vorteile des VWF auch in flexiblen Montagesystemen nutzen zu können, wurden verschiedene Ansätze zur seiner Flexibilisierung verfolgt. Allerdings konnten sich gerade die für verschiedene Bauteile geeigneten VWF, die auf einer Orientierung der Bauteile durch mechanische Schikanen beruhen, aufgrund technischer Defizite am Markt nur bedingt durchsetzen.

### 1.2 Zielsetzung und Vorgehen

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist der Aufbau einer Methodik zur automatisierten, flexiblen Zuführung von Kleinteilen durch modulare VWF. Dabei soll zunächst eine neue modulare Bauweise entwickelt werden, die auf der Technologie des VWF basiert und die Nachteile bestehender flexibler Ansätze mit mechanischen Ordnungsschikanen weitgehend beseitigt. Auf diesem modularen Zuführsystem aufbauend soll die Methodik für beliebige Zuführaufgaben mit mehr als einer Bauteilvariante ein effizientes Vorgehen bei der Entwicklung der einzelnen Module sicherstellen. Schließlich sollen die technisch und wirtschaftlich optimalen Einsatzbedingungen des modularen Zuführsystems gegenüber vergleichbaren flexiblen Zuführsystemen identifiziert werden.

Dazu werden nach der Vorstellung der erforderlichen Grundlagen in *Kapitel 2* verschiedene Strategien zur Bereitstellung von Bauteilen an automatischen Montageanlagen analysiert. Danach werden für die am häufigsten auftretende, ungeordnete Teilebereitstellung verschiedene Montagesysteme auf die dort eingesetzten Zuführsysteme untersucht. Die dabei verwendeten Geräte werden im Anschluss detailliert vorgestellt und miteinander verglichen.

Aus den im Vergleich deutlich werdenden Defiziten der vorhandenen Systeme werden in *Kapitel 3* die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an das neue modulare Zuführsystem abgeleitet.

Darauf basierend wird in *Kapitel 4* ausgehend von einer Systembetrachtung des VWF der neue Ansatz entwickelt und konkretisiert. Nach der Umsetzung eines produktneutralen Versuchsstands wird das optimale Betriebsfrequenzverhältnis experimentell ermittelt. Abschließend wird aus dem allgemeinen Aufbau des neuen Zuführsystems ein Berechnungsverfahren zur Abschätzung der Ausbringleistung abgeleitet.

Den Kern der Arbeit bildet eine Methodik zur effizienten Entwicklung des neuen Zuführsystems für bestimmte, flexible Zuführaufgaben. *Kapitel 5* gibt hierzu einen Gesamtüberblick, die beiden Schwerpunkte der Methode werden in den nachfolgenden Kapiteln vertieft.

*Kapitel 6* fokussiert die funktionale Geometrie der Module. Dabei werden die Besonderheiten bei der Konstruktion der einzelnen Module herausgestellt und für die dabei auftretenden, neuen Aufgabenstellungen effiziente Vorgehensweisen abgeleitet. Die erarbeiteten Methoden werden anhand von Beispielbauteilen verdeutlicht.

In *Kapitel 7* wird das Vorgehen zur Optimierung des Betriebsverhaltens in der Konstruktionsphase beschrieben. Der erste Teil befasst sich mit dem Ausgleich der durch die funktionalen Geometrien entstandenen Unwuchten. Zur Festlegung der Betriebsfrequenzen wird im zweiten Teil ein strukturmechanisches Modell des Zuführsystems vorgestellt, das eine Systemabstimmung während der Konstruktionsphase durch Massen Anpassung ermöglicht.

In *Kapitel 8* wird das neue Zuführsystem in einer technischen und wirtschaftlichen Bewertung den vorhandenen Systemen gegenübergestellt und seine sinnvolle industrielle Anwendung abgeleitet.

Die Arbeit schließt in *Kapitel 9* mit einer Zusammenfassung und einem kurzen Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf zu diesem Thema. *Abbildung 1* zeigt einen Überblick über den Aufbau der Arbeit.



Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

# iwb Forschungsberichte Band 1–121

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. J. Milberg und Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Band 1–121 erschienen im Springer Verlag, Berlin, Heidelberg und sind im Erscheinungsjahr und den folgenden drei Kalenderjahren erhältlich im Buchhandel oder durch Lange & Springer, Otto-Suhr-Allee 26–28, 10585 Berlin

- 1 *Streifinger, E.*  
Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel  
1986 · 72 Abb. · 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 *Fuchsberger, A.*  
Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen  
1986 · 90 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 *Maier, C.*  
Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrierobotern  
1986 · 77 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 *Summer, H.*  
Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen  
1986 · 74 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 *Simon, W.*  
Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen  
1986 · 141 Abb. · 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 *Büchs, S.*  
Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung  
1986 · 74 Abb. · 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 *Hunzinger, I.*  
Schneiderorientierte Oberflächen  
1986 · 79 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 *Pilland, U.*  
Echtzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen  
1986 · 54 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 *Barthelmeß, P.*  
Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung  
1987 · 70 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 *Reithofer, N.*  
Nutzungssicherung von flexibel automatisierten Produktionsanlagen  
1987 · 84 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-18440-6
- 11 *Diess, H.*  
Rechnerunterstützte Entwicklung flexibel automatisierter Montageprozesse  
1988 · 56 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18799-5
- 12 *Reinhart, G.*  
Flexible Automatisierung der Konstruktion und Fertigung elektrischer Leitungssätze  
1988 · 112 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 *Bürstner, H.*  
Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion  
1988 · 74 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 *Groha, A.*  
Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme  
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 *Riese, K.*  
Klipsmontage mit Industrierobotern  
1988 · 92 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6
- 16 *Lutz, P.*  
Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung  
1988 · 86 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3
- 17 *Klippel, C.*  
Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems  
1988 · 86 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0
- 18 *Rascher, R.*  
Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung  
1989 · 110 Abb. · 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9
- 19 *Heusler, H.-J.*  
Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme  
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 *Kirchknopf, P.*  
Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen  
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 *Sauerer, Ch.*  
Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen  
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 *Karstedt, K.*  
Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigungsautomatisierung  
1990 · 92 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7
- 23 *Peiker, St.*  
Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems  
1990 · 66 Abb. · 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0
- 24 *Schugmann, R.*  
Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage  
1990 · 71 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0
- 25 *Wrba, P.*  
Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik  
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 *Eibelschäuser, P.*  
Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung  
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 *Prasch, J.*  
Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie  
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 *Teich, K.*  
Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der  
Produktion  
1990 · 52 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-52764-8
- 29 *Pfrang, W.*  
Rechnergestützte und graphische Planung manueller und  
teilautomatisierter Arbeitsplätze  
1990 · 59 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-52829-6
- 30 *Tauber, A.*  
Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente  
der Montageplanung  
1990 · 93 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-52911-X
- 31 *Jäger, A.*  
Systematische Planung komplexer Produktionssysteme  
1991 · 75 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-53021-5
- 32 *Hartbeiger, H.*  
Wissensbasierte Simulation komplexer  
Produktionssysteme  
1991 · 58 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-53326-5
- 33 *Tuczek, H.*  
Inspektion von Karosseriepreßteilen auf Risse und  
Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung  
1992 · 125 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-53965-4
- 34 *Fischbacher, J.*  
Planungsstrategien zur stömungstechnischen  
Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten  
1991 · 60 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-54027-X
- 35 *Moser, O.*  
3D-Echtzeitkollisionsschutz für Drehmaschinen  
1991 · 66 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-54076-8
- 36 *Naber, H.*  
Aufbau und Einsatz eines mobilen Roboters mit  
unabhängiger Lokomotions- und  
Manipulationskomponente  
1991 · 85 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-54216-7
- 37 *Kupec, Th.*  
Wissensbasiertes Leitsystem zur Steuerung flexibler  
Fertigungsanlagen  
1991 · 68 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-54260-4
- 38 *Maulhardt, U.*  
Dynamisches Verhalten von Kreissägen  
1991 · 109 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-54365-1
- 39 *Gatz, R.*  
Strukturierte Planung flexibel automatisierter  
Montagesysteme für flächige Bauteile  
1991 · 86 Abb. · 201 Seiten · ISBN 3-540-54401-1
- 40 *Koepfer, Th.*  
3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung - ein Ansatz zur  
Aufhebung der Arbeitsteilung  
1991 · 74 Abb. · 126 Seiten · ISBN 3-540-54436-4
- 41 *Schmidt, M.*  
Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter  
Montagesysteme  
1992 · 108 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-55025-9
- 42 *Burger, C.*  
Produktionsregelung mit entscheidungsunterstützenden  
Informationssystemen  
1992 · 94 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-55187-5
- 43 *Hoßmann, J.*  
Methodik zur Planung der automatischen Montage von  
nicht formstabilen Bauteilen  
1992 · 73 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-5520-0
- 44 *Petry, M.*  
Systematik zur Entwicklung eines modularen  
Programmabkaskens für robotergeführte Klebprozesse  
1992 · 106 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-55374-6
- 45 *Schönecker, W.*  
Integrierte Diagnose in Produktionszellen  
1992 · 87 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-55375-4
- 46 *Bick, W.*  
Systematische Planung hybrider Montagesysteme unter  
Berücksichtigung der Ermittlung des optimalen  
Automatisierungsgrades  
1992 · 70 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-55377-0
- 47 *Gebauer, L.*  
Prozeßuntersuchungen zur automatisierten Montage von  
optischen Linsen  
1992 · 84 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55378-9
- 48 *Schrüfer, N.*  
Erstellung eines 3D-Simulationssystems zur Reduzierung  
von Rüstzeiten bei der NC-Bearbeitung  
1992 · 103 Abb. · 161 Seiten · ISBN 3-540-55431-9
- 49 *Wisbacher, J.*  
Methoden zur rationellen Automatisierung der Montage  
von Schnellbefestigungselementen  
1992 · 77 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-55512-9
- 50 *Garnich, F.*  
Laserbearbeitung mit Robotern  
1992 · 110 Abb. · 184 Seiten · ISBN 3-540-55513-7
- 51 *Eubert, P.*  
Digitale Zustandsregelung elektrischer  
Vorschubantriebe  
1992 · 89 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-44441-2
- 52 *Glaas, W.*  
Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung  
1992 · 67 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-55749-0
- 53 *Helm, H.J.*  
Ein Verfahren zur On-Line Fehlererkennung und Diagnose  
1992 · 60 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-55750-4
- 54 *Lang, Ch.*  
Wissensbasierte Unterstützung der  
Verfügbarkeitsplanung  
1992 · 75 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55751-2
- 55 *Schuster, G.*  
Rechnergestütztes Planungssystem für die flexibel  
automatisierte Montage  
1992 · 67 Abb. · 135 Seiten · ISBN 3-540-55830-6
- 56 *Bomm, H.*  
Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum  
Investitioncontrolling komplexer Produktionssysteme  
1992 · 87 Abb. · 195 Seiten · ISBN 3-540-55964-7
- 57 *Wendt, A.*  
Qualitätssicherung in flexibel automatisierten  
Montagesystemen  
1992 · 74 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-56044-0
- 58 *Hansmaier, H.*  
Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung  
1993 · 67 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-56053-2
- 59 *Dilling, U.*  
Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch  
Wirtschaftssimulationen  
1993 · 72 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56307-5



- 60 *Strohmayr, R.*  
Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von  
Zubringeinrichtungen  
1993 · 80 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-56652-X
- 61 *Glas, J.*  
Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer  
Zellenrechnersoftware  
1993 · 80 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-56890-5
- 62 *Stetter, R.*  
Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur  
Effizienzsteigerung des Industrieroboteinsatzes  
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1
- 63 *Dirndorfer, A.*  
Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage  
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57031-4
- 64 *Wiedemann, M.*  
Simulation des Schwingungsverhaltens spanender  
Werkzeugmaschinen  
1993 · 81 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-57177-9
- 65 *Woenkhaus, Ch.*  
Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-  
Layoutoptimierung  
1994 · 81 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-57284-8
- 66 *Kummetsteiner, G.*  
3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur  
Planung manueller Montagesysteme  
1994 · 62 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-57535-9
- 67 *Kugelmann, F.*  
Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen  
Automatisierung von Produktionssystemen  
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57549-9
- 68 *Schwarz, H.*  
Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-  
Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik  
1994 · 96 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-57577-4
- 69 *Viethen, U.*  
Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen  
1994 · 70 Abb. · 142 Seiten · ISBN 3-540-57794-7
- 70 *Seehuber, M.*  
Automatische Inbetriebnahme  
geschwindigkeitsadaptiver Zustandsregler  
1994 · 72 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-57896-X
- 71 *Amann, W.*  
Eine Simulationsumgebung für Planung und Betrieb von  
Produktionssystemen  
1994 · 71 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-57924-9
- 72 *Schöpf, M.*  
Rechnergestütztes Projektinformations- und  
Koordinationssystem für das Fertigungsvorfeld  
1997 · 63 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58052-2
- 73 *Welling, A.*  
Effizienter Einsatz bildgebender Sensoren zur  
Flexibilisierung automatisierter Handhabungsvorgänge  
1994 · 66 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-580-0
- 74 *Zetlmayer, H.*  
Verfahren zur simulationsgestützten  
Produktionsregelung in der Einzel- und  
Kleinserienproduktion  
1994 · 62 Abb. · 143 Seiten · ISBN 3-540-58134-0
- 75 *Lindl, M.*  
Auftragsleittechnik für Konstruktion und Arbeitsplanung  
1994 · 66 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58221-5
- 76 *Zipper, B.*  
Das integrierte Betriebsmittelwesen - Baustein einer  
flexiblen Fertigung  
1994 · 64 Abb. · 147 Seiten · ISBN 3-540-58222-3
- 77 *Raith, P.*  
Programmierung und Simulation von Zellenabläufen in  
der Arbeitsvorbereitung  
1995 · 51 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58223-1
- 78 *Engel, A.*  
Strömungstechnische Optimierung von  
Produktionssystemen durch Simulation  
1994 · 69 Abb. · 160 Seiten · ISBN 3-540-58258-4
- 79 *Zah, M. F.*  
Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen  
1995 · 95 Abb. · 186 Seiten · ISBN 3-540-58624-5
- 80 *Zwanzer, N.*  
Technologisches Prozeßmodell für die  
Kugelschleifbearbeitung  
1995 · 65 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-58634-2
- 81 *Romanow, P.*  
Konstruktionsbegleitende Kalkulation von  
Werkzeugmaschinen  
1995 · 66 Abb. · 151 Seiten · ISBN 3-540-58771-3
- 82 *Kahlenberg, R.*  
Integrierte Qualitätssicherung in flexiblen  
Fertigungszellen  
1995 · 71 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-58772-1
- 83 *Huber, A.*  
Arbeitsfolgenplanung mehrstufiger Prozesse in der  
Hartbearbeitung  
1995 · 87 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-58773-X
- 84 *Birkel, G.*  
Aufwandsminimierter Wissenserwerb für die Diagnose in  
flexiblen Produktionzellen  
1995 · 64 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-58869-8
- 85 *Simon, D.*  
Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung  
und logistisches Störungsmanagement  
1995 · 77 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-58942-2
- 86 *Nedeljkovic-Groha, V.*  
Systematische Planung anwendungsspezifischer  
Materialflußsteuerungen  
1995 · 94 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-58953-8
- 87 *Rockland, M.*  
Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in  
Montageanlagen  
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58989-6
- 88 *Linner, St.*  
Konzept einer integrierten Produktentwicklung  
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1
- 89 *Eder, Th.*  
Integrierte Planung von Informationssystemen für  
rechnergestützte Produktionssysteme  
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6
- 90 *Deutsche, U.*  
Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung  
in mittelständischen Unternehmen  
1995 · 80 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-59337-3
- 91 *Dieterle, A.*  
Recyclingintegrierte Produktentwicklung  
1995 · 68 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-60120-1

- 92 *Hechl, Chr.*  
**Personalorientierte Montageplanung für komplex und  
variantenreiche Produkte**  
1995 · 73 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Albertz, F.*  
**Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen ·  
Gestellstrukturen**  
1995 · 83 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60608-8
- 94 *Trunzer, W.*  
**Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit  
3D-Konturfolgesensoren**  
1996 · 101 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-60961-X
- 95 *Fichtmüller, N.*  
**Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme**  
1996 · 83 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-60960-1
- 96 *Trucks, V.*  
**Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in  
Werkzeugmaschinen**  
1996 · 64 Abb. · 141 Seiten · ISBN 3-540-60599-8
- 97 *Schäffler, G.*  
**Systematische Integration adaptiver  
Produktionssysteme**  
1996 · 71 Abb. · 170 Seiten · ISBN 3-540-60958-X
- 98 *Koch, M. R.*  
**Autonome Fertigungszellen · Gestaltung, Steuerung und  
integrierte Störungsbehandlung**  
1996 · 67 Abb. · 138 Seiten · ISBN 3-540-61104-5
- 99 *Moctezuma de la Barrera, J.L.*  
**Ein durchgängiges System zur computer- und  
rechnergestützten Chirurgie**  
1996 · 99 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-61145-2
- 100 *Geuer, A.*  
**Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der  
Produktenwicklung**  
1996 · 84 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-61495-8
- 101 *Ebner, C.*  
**Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement  
unter Verwendung von Felddaten**  
1996 · 67 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-61678-0
- 102 *Pischelsrieder, K.*  
**Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion**  
1996 · 74 Abb. · 171 Seiten · ISBN 3-540-61714-0
- 103 *Köhler, R.*  
**Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen  
variantenreichen Kleinprodukten**  
1997 · 62 Abb. · 177 Seiten · ISBN 3-540-62024-9
- 104 *Feldmann, Ch.*  
**Eine Methode für die integrierte rechnergestützte  
Montageplanung**  
1997 · 71 Abb. · 163 Seiten · ISBN 3-540-62059-1
- 105 *Lehmann, H.*  
**Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch  
Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem**  
1997 · 96 Abb. · 191 Seiten · ISBN 3-540-62202-0
- 106 *Wagner, M.*  
**Steuerungintegrierte Fehlerbehandlung für  
maschinennahe Abläufe**  
1997 · 94 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-62656-5
- 107 *Lorenzen, J.*  
**Simulationgestützte Kostenanalyse in  
produktorientierten Fertigungsstrukturen**  
1997 · 63 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-62794-4
- 108 *Krönert, U.*  
**Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitsuche  
und Standardisierung**  
1997 · 53 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-63338-3
- 109 *Pfersdorf, I.*  
**Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur  
Organisation des industriellen Service**  
1997 · 74 Abb. · 172 Seiten · ISBN 3-540-63615-3
- 110 *Kuba, R.*  
**Informations- und kommunikationstechnische  
Integration von Menschen in der Produktion**  
1997 · 77 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-63642-0
- 111 *Kaiser, J.*  
**Vernetztes Gestalten von Produkt und  
Produktionsprozeß mit Produktmodellen**  
1997 · 67 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-63999-3
- 112 *Geyer, M.*  
**Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung  
ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und  
Arbeitssystemgestaltung**  
1997 · 85 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-64195-5
- 113 *Martin, C.*  
**Produktionsregelung · ein modularer, modellbasierter  
Ansatz**  
1998 · 73 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-64401-6
- 114 *Löffler, Th.*  
**Akustische Überwachung automatisierter Fügeprozesse**  
1998 · 85 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-64511-X
- 115 *Lindermaier, R.*  
**Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen**  
1998 · 84 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-64668-8
- 116 *Koehler, J.*  
**Prozeßorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit  
Großserienfertigung**  
1998 · 75 Abb. · 185 Seiten · ISBN 3-540-65037-7
- 117 *Schuller, R. W.*  
**Leitfaden zum automatisierten Auftrag von  
hochviskosen Dichtmassen**  
1999 · 76 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-65320-1
- 118 *Debuschwitz, M.*  
**Integrierte Methodik und Werkzeuge zur  
herstellungsorientierten Produktentwicklung**  
1999 · 104 Abb. · 169 Seiten · ISBN 3-540-65350-3
- 119 *Bauer, L.*  
**Strategien zur rechnergestützten Offline-  
Programmierung von 3D-Laseranlagen**  
1999 · 98 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-65382-1
- 120 *Pflob, E.*  
**Modellgestützte Arbeitsplanung bei  
Fertigungsmaschinen**  
1999 · 69 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-65625-5
- 121 *Spitznagel, J.*  
**Erfahrungsgelietete Planung von Laseranlagen**  
1999 · 63 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-65896-3

# Seminarberichte iw b

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

Seminarberichte iw b sind erhältlich im Buchhandel oder beim  
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utz.de

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

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

# Forschungsberichte iwb

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

Forschungsberichte iwb ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim  
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utz.de

- 122 Schneider, Burghard  
**Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile**  
1999 · 183 Seiten · 98 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-559-5
- 123 Goldstein, Bernd  
**Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der Produktentwicklung**  
1999 · 170 Seiten · 65 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-546-3
- 124 Moßmer, Helmut E.  
**Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme**  
1999 · 164 Seiten · 67 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-585-4
- 125 Gräser, Ralf-Gunter  
**Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern**  
1999 · 167 Seiten · 63 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-603-6
- 126 Trossin, Hans-Jürgen  
**Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik**  
1999 · 162 Seiten · 75 Abb. · 11 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-614-1
- 127 Kugelmann, Doris  
**Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern**  
1999 · 168 Seiten · 68 Abb. · 2 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-615-X
- 128 Diesch, Rolf  
**Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen**  
1999 · 160 Seiten · 69 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-618-4
- 129 Lulay, Werner E.  
**Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen**  
1999 · 182 Seiten · 51 Abb. · 14 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-620-6
- 130 Murr, Otto  
**Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen**  
1999 · 178 Seiten · 85 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-636-2
- 131 Macht, Michael  
**Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping**  
1999 · 170 Seiten · 87 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-638-9
- 132 Mehler, Bruno H.  
**Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnernverbänden**  
1999 · 152 Seiten · 44 Abb. · 27 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-645-1
- 133 Heitmann, Knut  
**Sichere Prognosen für die Produktionsoptimierung mittels stochastischer Modelle**  
1999 · 146 Seiten · 60 Abb. · 13 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-675-3
- 134 Blessing, Stefan  
**Gestaltung der Materialflußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen**  
1999 · 160 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-690-7
- 135 Abay, Can  
**Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik**  
2000 · 159 Seiten · 46 Abb. · 5 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-697-4

- 136 Brandner, Stefan  
**Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken**  
 2000 · 172 Seiten · 61 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-715-6
- 137 Hirschberg, Arnd G.  
**Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung**  
 2000 · 165 Seiten · 49 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-729-6
- 138 Reek, Alexandra  
**Strategien zur Fokuspositionierung beim Laserstrahlschweißen**  
 2000 · 193 Seiten · 103 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-730-X
- 139 Sabbah, Khalid-Alexander  
**Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen**  
 2000 · 148 Seiten · 75 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-739-3
- 140 Schöffebacher, Klaus U.  
**Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken**  
 2000 · 187 Seiten · 70 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-754-7
- 141 Sprengel, Andreas  
**Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung**  
 2000 · 144 Seiten · 55 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-757-1
- 142 Gallasch, Andreas  
**Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion**  
 2000 · 150 Seiten · 69 Abb. · 6 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-781-4
- 143 Cuiper, Ralf  
**Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen**  
 2000 · 168 Seiten · 75 Abb. · 3 Tab. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-783-0
- 144 Schneider, Christian  
**Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion**  
 2000 · 180 Seiten · 66 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-789-X
- 145 Jonas, Christian  
**Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen**  
 2000 · 183 Seiten · 82 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-870-5
- 146 Willnecker, Ulrich  
**Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen**  
 2001 · 175 Seiten · 67 Abb. · broschiert · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-89675-891-8
- 147 Lehner, Christof  
**Beschreibung des Nd:Yag-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss**  
 2001 · 205 Seiten · 94 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0004-X
- 148 Rick, Frank  
**Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen**  
 2001 · 145 Seiten · 57 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0008-2
- 149 Höhn, Michael  
**Sensorgeführte Montage hybrider Mikrosysteme**  
 2001 · 171 Seiten · 74 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0012-0
- 150 Bohl, Jörn  
**Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung**  
 2001 · 179 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0020-1
- 151 Bürgel, Robert  
**Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben**  
 2001 · 185 Seiten · 60 Abb. · 10 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0021-X
- 152 Stephan Dürrschmidt  
**Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion**  
 2001 · 914 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0023-6
- 153 Bernhard Eich  
**Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilerstellung**  
 2001 · 132 Seiten · 48 Abb. · 6 Tabellen · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0028-7

- 154 Wolfgang Rudorfer  
**Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke**  
 2001 · 207 Seiten · 89 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0037-6
- 155 Hans Meier  
**Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe**  
 2001 · 162 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0044-9
- 156 Gerhard Nowak  
**Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen**  
 2001 · 203 Seiten · 95 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0055-4
- 157 Martin Werner  
**Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen**  
 2001 · 191 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0058-9
- 158 Bernhard Lenz  
**Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung**  
 2001 · 150 Seiten · 47 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0094-5
- 159 Stefan Grunwald  
**Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung**  
 2002 · 206 Seiten · 80 Abb. · 25 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0095-3
- 160 Josef Gartner  
**Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen**  
 2002 · 165 Seiten · 74 Abb. · 21 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0096-1
- 161 Wolfgang Zeller  
**Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen**  
 2002 · 192 Seiten · 54 Abb. · 15 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0100-3
- 162 Michael Loferer  
**Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen**  
 2002 · 178 Seiten · 80 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0118-6
- 163 Jörg Fahrer  
**Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses**  
 2002 · 176 Seiten · 69 Abb. · 13 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0124-0
- 164 Jürgen Höppner  
**Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler**  
 2002 · 132 Seiten · 24 Abb. · 3 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0125-9
- 165 Hubert Götte  
**Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik**  
 2002 · 258 Seiten · 123 Abb. · 5 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0126-7
- 166 Martin Weißberger  
**Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess**  
 2002 · 210 Seiten · 86 Abb. · 2 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0138-0
- 167 Dirk Jacob  
**Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik**  
 2002 · 200 Seiten · 82 Abb. · 24 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0142-9
- 168 Ulrich Roßgoderer  
**System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen**  
 2002 · 175 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0154-2
- 169 Robert Klingel  
**Anziehverfahren für hochfeste Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen**  
 2002 · 164 Seiten · 89 Abb. · 27 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0174-7
- 170 Paul Jens Peter Ross  
**Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung**  
 2002 · 144 Seiten · 38 Abb. · 38 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0191-7
- 171 Stefan von Praun  
**Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess**  
 2002 · 250 Seiten · 62 Abb. · 7 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0202-6

- 172 Florian von der Hagen  
**Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen**  
 2002 · 220 Seiten · 104 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0208-5
- 173 Oliver Kramer  
**Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe**  
 2002 · 212 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0211-5
- 174 Winfried Dohmen  
**Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme**  
 2002 · 200 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0214-X
- 175 Oliver Anton  
**Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsenster Montagesysteme**  
 2002 · 158 Seiten · 85 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0215-8
- 176 Welf Broser  
**Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke**  
 2002 · 224 Seiten · 122 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0217-4
- 177 Frank Breitingen  
**Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen**  
 2003 · 156 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0227-1
- 178 Johann von Pieverling  
**Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling**  
 2003 · 163 Seiten · 88 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0230-1
- 179 Thomas Baudisch  
**Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine**  
 2003 · 190 Seiten · 87 Abb. · 8 Tab. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0249-2
- 180 Heinrich Schieferstein  
**Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems**  
 2003 · 132 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0251-4
- 181 Joachim Berlek  
**Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen**  
 2003 · 244 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0258-1
- 182 Christian Meierlohr  
**Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung**  
 2003 · 181 Seiten · 84 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0292-1
- 183 Volker Weber  
**Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken**  
 2004 · 210 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0330-8
- 184 Thomas Bongardt  
**Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern**  
 2004 · 170 Seiten · 40 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0332-4
- 185 Tim Angerer  
**Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten**  
 2004 · 180 Seiten · 67 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0336-7
- 186 Alexander Krüger  
**Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme**  
 2004 · 197 Seiten · 83 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0371-5
- 187 Matthias Meindl  
**Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing**  
 2005 · 222 Seiten · 97 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0465-7
- 188 Thomas Fusch  
**Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie**  
 2005 · 190 Seiten · 99 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0467-3



- 189 Thomas Mosandl  
**Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme**  
 2005 · 182 Seiten · 58 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0471-1
- 190 Christian Patron  
**Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung**  
 2005 · 150 Seiten · 61 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0474-6
- 191 Robert Cisek  
**Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen**  
 2005 · 200 Seiten · 64 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0475-4
- 192 Florian Auer  
**Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen**  
 2005 · 160 Seiten · 65 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0485-1
- 193 Carsten Selke  
**Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung**  
 2005 · 137 Seiten · 53 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0495-9
- 194 Markus Seefried  
**Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern**  
 2005 · 216 Seiten · 82 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0503-3
- 195 Wolfgang Wagner  
**Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion**  
 2006 · 208 Seiten · 43 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0586-6
- 196 Christopher Ulrich  
**Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen**  
 2006 · 178 Seiten · 74 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0590-4
- 197 Johann Härtl  
**Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern**  
 2006 · 140 Seiten · 55 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0611-0
- 198 Bernd Hartmann  
**Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge**  
 2006 · 208 Seiten · 105 Abb. · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0615-3
- 199 Michael Schilp  
**Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage**  
 2006 · 130 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0631-5
- 200 Florian Manfred Grätz  
**Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme**  
 2006 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0643-9
- 201 Dieter Eireiner  
**Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding**  
 2006 · 214 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 3-8316-0650-1
- 202 Gerhard Volkwein  
**Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation**  
 2007 · 192 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 Sven Roeren  
**Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse**  
 2007 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 Henning Rudolf  
**Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie**  
 2007 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 Stella Clarke-Griebsch  
**Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia**  
 2007 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 Michael Ehrenstraßer  
**Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage**  
 2008 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0743-3

- 207 Rainer Schack  
**Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik**  
 2008 · 248 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 Wolfgang Sudhoff  
**Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion**  
 2008 · 276 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 Stefan Müller  
**Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen**  
 2008 · 240 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 Ulrich Kohler  
**Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme**  
 2008 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 Klaus Schlickerrieder  
**Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile**  
 2008 · 204 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 Niklas Möller  
**Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme**  
 2008 · 260 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 Daniel Siedl  
**Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrensbewegungen**  
 2008 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 Dirk Ansorge  
**Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen**  
 2008 · 146 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 Georg Wunsch  
**Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme**  
 2008 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 Thomas Oertli  
**Strukturmechanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben**  
 2008 · 194 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 Bernd Petzold  
**Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsenste Mikromontage**  
 2008 · 234 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 Loucas Papadakis  
**Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains**  
 2008 · 260 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 Mathias Mörtl  
**Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung**  
 2008 · 210 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 Sebastian Weig  
**Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten**  
 2008 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 Tobias Hornfeck  
**Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie**  
 2008 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 Hans Egermeier  
**Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen**  
 2008 · 210 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 Matthäus Sigl  
**Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlsinterns**  
 2008 · 185 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0841-6

- 224 Mark Harfensteller  
**Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets**  
 2009 · 196 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0849-8
- 225 Jochen Werner  
**Methode zur roboterbasierten förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie**  
 2009 · 210 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 Florian Hagemann  
**Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen**  
 2009 · 226 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 Haitham Rashidy  
**Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry**  
 2009 · 212 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 Wolfgang Vogl  
**Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern**  
 2009 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 Sonja Schedl  
**Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess**  
 2009 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 Andreas Trautmann  
**Bifocal Hybrid Laser Welding – A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels**  
 2009 · 268 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 Patrick Neise  
**Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models**  
 2009 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 Christian Habicht  
**Einsatz und Auslegung zeitenfensterbasierter Planungssysteme in überbetrieblichen Wertschöpfungsketten**  
 2009 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 Michael Spitzweg  
**Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen**  
 2009 · 180 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0931-4
- 234 Ulrich Munzert  
**Bahnplanungsalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahlschweißen**  
 2010 · 176 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · ISBN 978-3-8316-0948-2
- 235 Georg Völlner  
**Rührreischweißen mit Schwerlast-Industrierobotern**  
 2010 · 232 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-0955-0
- 236 Nils Müller  
**Modell für die Beherrschung und Reduktion von Nachfrageschwankungen**  
 2010 · 270 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-0992-5
- 237 Franz Decker  
**Unternehmensspezifische Strukturierung der Produktion als permanente Aufgabe**  
 2010 · 180 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-0996-3
- 238 Christian Lau  
**Methodik für eine selbstoptimierende Produktionssteuerung**  
 2010 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4012-6
- 239 Christoph Rimpau  
**Wissensbasierte Risikobewertung in der Angebotskalkulation für hochgradig individualisierte Produkte**  
 2010 · 200 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4015-7
- 240 Michael Loy  
**Modulare Vibrationswendelförderer zur flexiblen Teilezuführung**  
 2010 · 169 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4027-0
- 241 Andreas Eursch  
**Konzept eines immersiven Assistenzsystems mit Augmented Reality zur Unterstützung manueller Aktivitäten in radioaktiven Produktionsumgebungen**  
 2010 · 205 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4029-4

