

Fabian Karl Keller

**Methodik zur  
energiebezugsorientierten Auftragsplanung**



Herbert Utz Verlag · München

## **Forschungsberichte IWB**

Band 341

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2018

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 · 2018

ISBN 978-3-8316-4761-3

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

## Geleitwort der Herausgeber

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung, denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des *iwb* ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren sowie von Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozess spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des *iwb*. Diese reichen von der Entwicklung von Produktionssystemen über deren Planung bis hin zu den eingesetzten Technologien in den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den *iwb* Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des *iwb* veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

# Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fraunhofer-Einrichtung für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik (IGCV) sowie an der Projektgruppe für Ressourceneffiziente mechatronische Verarbeitungsmaschinen (RMV) des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) in Augsburg.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, sowie Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh für die wohlwollende Förderung und großzügige Unterstützung meiner Arbeit. Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Matthias Putz, Institutsleiter des Fraunhofer IWU, Leiter des Wissenschaftsbereichs Werkzeugmaschinen, Produktionssysteme und Zerspanungstechnik sowie Inhaber der Professur Werkzeugmaschinen und Umformtechnik an der TU Chemnitz, möchte ich mich für die Übernahme des Korreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit sehr herzlich bedanken. Zudem möchte ich mich bei Herrn Prof. Takata für die wissenschaftlichen Freiräume und die Gastfreundschaft während meines dreimonatigen Forschungsaufenthaltes an der Waseda Universität in Tokio herzlich bedanken.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der genannten Fraunhofer Institutionen, des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) der TU München sowie allen Studierenden, die mich bei der Erstellung meiner Arbeit unterstützt haben, recht herzlich. Mein besonderer Dank gilt meinen Freunden und ehemaligen Kollegen Andreas Hees, Stefan Krottl, Josef Huber und Eric Unterberger für die zahlreichen fachlichen Diskussionen sowie die kritische Durchsicht meiner Arbeit. Ihre konstruktiven Anmerkungen ermöglichten es mir, diese Arbeit qualitativ abzurunden.

Schließlich möchte ich mich besonders bei meiner Familie bedanken, die mir meine Ausbildung ermöglicht und mich in all den Jahren liebevoll unterstützt hat. In besonderem Maße danke ich Caroline für ihre immerwährende Motivation, ihre Unterstützung und ihr Verständnis für die Arbeit an der Dissertation.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>i</b>
<b>Verzeichnis der Formelzeichen.....</b>	<b>v</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Die Situation produzierender Unternehmen im Kontext der Energiewende .....	1
1.1.1 Globale Entwicklungen in der Energiepolitik .....	1
1.1.2 Nationale Entwicklungen im deutschen Stromsystem .....	3
1.2 Betrachtungsrahmen und Motivation .....	7
1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit .....	10
<b>2 Grundlagen.....</b>	<b>13</b>
2.1 Übersicht.....	13
2.2 Auftragsplanung im operativen Produktionsmanagement .....	13
2.2.1 Allgemeines .....	13
2.2.2 Definitionen .....	13
2.2.3 Produktionsmanagement .....	15
2.2.4 Produktionsplanung und -steuerung.....	16
2.2.5 Auftragsplanung in Rahmen der Eigenfertigung .....	20
2.2.6 Elemente der Auftragsplanung.....	22
2.2.7 Lösungsverfahren für Entscheidungsmodelle im Kontext der Auftragsplanung.....	24
2.3 Energiebezugsoptionen produzierender Unternehmen.....	26
2.3.1 Allgemeines .....	26
2.3.2 Definitionen .....	27
2.3.3 Optionen der Stromerzeugung.....	28
2.3.4 Optionen der Strombeschaffung.....	31
2.3.5 Zusammenfassung der Energiebezugsoptionen .....	37

2.4	Elektrische Lastanpassung in der Produktion .....	37
2.4.1	Allgemeines .....	37
2.4.2	Definitionen .....	38
2.4.3	Elektrische Lastanpassung mit energieflexiblen Produktionssystemen.....	39
2.4.4	Aufgaben und Funktionen eines variablen Lastmanagements .....	43
<b>3</b>	<b>Stand der aktuellen Erkenntnisse .....</b>	<b>45</b>
3.1	Überblick.....	45
3.2	Gestaltung energieorientierter Produktionssysteme .....	45
3.2.1	Energieorientierte strukturelle Ansätze .....	46
3.2.2	Energieorientierte prozessuale Ansätze .....	47
3.3	Gestaltung einer energieorientierten Auftragsplanung .....	48
3.3.1	Energieorientierte koordinative Ansätze .....	48
3.3.2	Ausgewählte Ansätze der Auftragsplanung.....	49
3.3.3	Weitere Ansätze der Auftragsplanung.....	52
3.4	Bewertung der Ansätze im Kontext einer energiebezugsorientierten Auftragsplanung .....	53
3.5	Ableitung des Handlungsbedarfs und Formulierung der Anforderungen	56
<b>4</b>	<b>Aufbau und Übersicht der Methodik .....</b>	<b>59</b>
4.1	Allgemeines .....	59
4.2	Aufbau der energiebezugsorientierten Auftragsplanung .....	60
4.3	Ablauf der energiebezugsorientierten Auftragsplanung .....	61
<b>5</b>	<b>Integration der Energiebezugsoptionen in die Auftragsplanung .....</b>	<b>63</b>
5.1	Überblick.....	63
5.2	Bestimmung der relevanten Parameter zur Beschreibung der Energiebezugsoptionen.....	63
5.2.1	Allgemeines .....	63
5.2.2	Energiemenge und Leistungsniveau .....	64
5.2.3	Energiekosten und Emissionen.....	64

5.2.4	Abhängigkeiten der Parameter .....	64
5.3	Erfassung und Modellierung der Bezugsoptionen .....	65
5.3.1	Allgemeines .....	65
5.3.2	Kontinuierliche Stromerzeugungsoptionen .....	65
5.3.3	Fluktuierende Stromerzeugungsoptionen .....	67
5.3.4	Preisfixierte und -variable Strombeschaffungsoptionen .....	70
5.4	Aggregation und Modellierung des standortspezifischen Energiebezugs für die Auftragsplanung .....	72
5.4.1	Allgemeines .....	72
5.4.2	Aggregation der Stromerzeugung .....	72
5.4.3	Aggregation der Strombeschaffung .....	74
5.5	Generierung der Energiemodelle für die Auftragsplanung .....	76
5.5.1	Allgemeines .....	76
5.5.2	Erstellung des Energiemengenmodells .....	76
5.5.3	Erstellung des Leistungsmodells .....	77
5.5.4	Ableitung variabler Lastmanagementstufen für die Reihenfolgeplanung .....	78
5.6	Fazit .....	79
<b>6</b>	<b>Integration energieorientierter Kennzahlen in auftragsbezogene Planungselemente .....</b>	<b>81</b>
6.1	Übersicht .....	81
6.2	Stammdatengenerierung der Planungselemente .....	81
6.2.1	Allgemeines .....	81
6.2.2	Betriebsdatenerfassung .....	81
6.2.3	Maschinendaten .....	82
6.2.4	Energiedaten .....	84
6.2.5	Auftragsbezogene Planungselemente .....	87
6.3	Generierung eines leistungsbezogenen Maschinenmodells .....	88
6.3.1	Allgemeines .....	88

6.3.2	Verknüpfung von Energie- und Maschinendaten.....	88
6.3.3	Verknüpfung des leistungsbezogenen Maschinenmodells mit bestehenden Stammdaten .....	91
6.4	Ableitung des arbeitsbezogenen Auftrags- und Produktmodells.....	92
6.4.1	Allgemeines .....	92
6.4.2	Verknüpfung von arbeitsbezogenen Energie- und Auftragsdaten.	92
6.4.3	Verknüpfung der Energiebedarfsmodelle mit den Planungselementen der Ablauforganisation .....	95
6.5	Fazit.....	96
<b>7</b>	<b>Lösungsverfahren zur energiebezugsorientierten Auftragsplanung..</b>	<b>99</b>
7.1	Übersicht .....	99
7.2	Aufbau und Ablauf.....	99
7.3	Ansatz einer mittel- bis kurzfristigen energiebezugsorientierten Mengenplanung .....	100
7.3.1	Allgemeines .....	100
7.3.2	Aufbau des mittelfristigen Makromodells .....	101
7.3.3	Formulierung des mittelfristigen Makromodells.....	102
7.3.4	Aufbau des kurzfristigen Mikromodells.....	107
7.3.5	Formulierung des Mikromodells .....	107
7.4	Ansatz einer kurzfristigen energiebezugsorientierten Ablaufplanung....	113
7.4.1	Allgemeines .....	113
7.4.2	Lösungswerkzeuge der Reihenfolgeplanung.....	114
7.4.3	Aufbau der energiebezugsorientierten Maschinenbelegung.....	118
7.4.4	Formulierung der energiebezugsorientierten Maschinenbelegung.....	119
7.5	Fazit.....	125
<b>8</b>	<b>Anwendung der energiebezugsorientierten Auftragsplanung .....</b>	<b>127</b>
8.1	Übersicht .....	127
8.2	Projektbeispiel zur Bewertung einer energiebezugsorientierten Auftragsplanung .....	127



8.2.1	Einführung.....	127
8.2.2	Aufnahme des Energiebezugs .....	127
8.2.3	Modellierung des betrachteten Produktionssystems .....	129
8.2.4	Berechnung der Losgrößen, Termine und Kapazitäten.....	131
8.2.5	Verknüpfung des Mikromodells mit der Maschinenbelegung....	137
8.2.6	Berechnung der Maschinenbelegung .....	138
8.3	Nutzen- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	141
8.3.1	Aufwand .....	141
8.3.2	Nutzen.....	143
8.3.3	Wirtschaftlichkeit .....	144
8.4	Diskussion der Ergebnisse.....	145
8.5	Fazit .....	146
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick.....</b>	<b>149</b>
9.1	Zusammenfassung .....	149
9.2	Kritische Diskussion der Ergebnisse .....	150
9.3	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf.....	151
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>153</b>
<b>11</b>	<b>Studienarbeiten.....</b>	<b>181</b>

# 1 Einleitung

*„Die Sicherstellung einer zuverlässigen, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung ist eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts.“ (BMW 2010)*

## 1.1 Die Situation produzierender Unternehmen im Kontext der Energiewende

Die stetig zunehmende Weltbevölkerung sowie die sinkende Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen stellen die Entwicklung der Weltwirtschaft vor große Herausforderungen (HERRMANN 2010, ABELE & REINHART 2011, WEISSENBERGER-EIBL ET AL. 2013). Verknüpft mit dem konstanten Anstieg der Treibhausgasemissionen (IPCC 2014) leitet sich daraus das Ziel einer ressourceneffizienten Güterherstellung und einer nachhaltigen Wohlstandsgenerierung ab (HAUFF & KLEINE 2009). Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist der bewusste Umgang mit endlichen und erneuerbaren Ressourcen, um industrielle Erzeugnisse ökonomisch und nachhaltig herzustellen (BULLIGNER ET AL. 2000, ABELE & REINHART 2011). Der Hauptaspekt zur Erreichung dieses Vorhabens liegt hierbei auf der Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch (LUKS 2005, NEUGEBAUER ET AL. 2008, ABELE & REINHART 2011). Gleichwohl ist in den letzten Jahrzehnten zu beobachten, dass der Ausstoß von Treibhausgasemissionen, wie z.B. CO<sub>2</sub>, stark zugenommen hat (VICTOR ET AL. 2014). Im Rahmen dieser Entwicklung spielen die verwendeten Energieträger sowie der damit verbundene Emissionsausstoß im industriellen Umfeld eine entscheidende Rolle, da die Industrie bspw. im Jahr 2010 44 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortete (FISCHEDICK ET AL. 2014).

### 1.1.1 Globale Entwicklungen in der Energiepolitik

Ausgangspunkt für weltweite energiepolitische Veränderungen sind die 1997 und 2015 verabschiedeten Klimarahmenkonventionen der Vereinten Nationen (UN 1998, UN 2015A). Diese bilden die Grundlage für internationale Einsparungsziele für fossile Energieträger, die Transformation nationaler Energiesysteme und die Etablierung von Emissionshandelssystemen (KLEPPER ET AL. 2015). Ziel dieser Abkommen ist es, den Treibhausgasausstoß zu begrenzen sowie die Energieerzeugung aus fossilen Energieträgern erheblich zu reduzieren. Vor allem im industriellen Umfeld führt dies zu Veränderungen, da ein Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den direkten und indirekten Energieeinsatz zurückzuführen ist (SCHIPPER 2006).

Im Jahr 2013 benötigte die Industrie ca. 29 % des weltweiten Energiebedarfs (IEA 2015) und leistete einen Anteil von ca. 28 % an der globalen Bruttowertschöpfung (WELTBANK 2016). Verglichen mit dem Bevölkerungswachstum zwischen 1973 und 2013, welches jährlich um 1,5 % von 3,9 auf 7,1 Mrd. Menschen anwuchs (UN 2015B), stieg die Wirtschaftsleistung im gleichen Zeitraum jedes Jahr dazu überproportional um ca. 3 % (WELTBANK 2016). Dies begründet sich durch die stetige Steigerung des weltweiten Lebensstandards (v. a. in den sog. Schwellenländern wie China oder Indien) und den damit verbundenen Bedarf an industriell gefertigten Waren (LUKS 2005). Diesen Entwicklungen gilt es seitens der Industrie ökonomisch und ökologisch nachhaltig zu begegnen. Abbildung 1 fasst die Entwicklung des Bevölkerungswachstums, der industriellen Bruttowertschöpfung sowie des Energieeinsatzes für die Jahre 1973 und 2013 zusammen und zeigt die jeweilige Prognose für das Jahr 2040. Die Daten werden über die Kennzahl der *Energieintensität (EI)* verknüpft, welche den Energieeinsatz in Bezug zur Bruttowertschöpfung setzt.

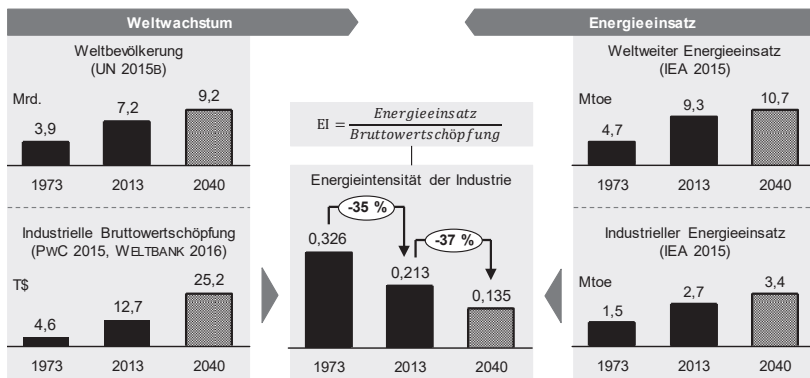


Abbildung 1: Entwicklung der industriellen Energieintensität in den Jahren 1973 und 2013 sowie die Prognose für das Jahr 2040

Es zeigt sich, dass in der Industrie zukünftig eine signifikante Verringerung der Energieintensität zu erwarten ist. Zwischen 1973 und 2013 ist es durch Produktivitätssteigerungen und Energieeffizienzmaßnahmen gelungen, eine Reduktion des Energieeinsatzes um 35 % zu realisieren. Für das Jahr 2040 wird auf Basis des in den UN-Klimakonventionen vereinbarten 2-Grad-Ziels erwartet, dass die Industrie den aktuellen Energieeinsatz um weitere 37 % verringert (IEA 2015).

## 1.1.2 Nationale Entwicklungen im deutschen Stromsystem

Die UN-Klimaschutzziele wurden von Deutschland in dem 2010 vorgestellten Energiekonzept aufgegriffen. Konkretes Ziel stellt die Reduktion der Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2050 um 80 % dar (BMWi 2010). Darüber hinaus wird eine nachhaltige und atomkraftfreie Energieerzeugung angestrebt. Der Fokus bei der Umsetzung dieses Vorhabens liegt vor allem auf der Erzeugung von elektrischer Energie durch den Ausbau von Windkraft- und Photovoltaikanlagen. Dadurch sollen im Jahr 2050 mindestens 80 % des Elektrizitätsbedarfs mittels erneuerbarer Energieträger gedeckt werden (BMWi 2010). Das bedeutet, dass Strom, welcher bislang zentral in Großkraftwerken gewonnen wurde, vermehrt mithilfe dezentraler Energiequellen erzeugt wird (ICHA & KUHS 2016). Diese Quellen weisen jedoch eine fluktuierende Energiebereitstellung auf, da die Erzeugungsleistung an die lokalen Witterungsbedingungen (z. B. Sonneneinstrahlung) geknüpft ist (BODE ET AL. 2010). Die Auswirkungen dieser Erzeugungscharakteristik beeinflussen das Stromsystem, welches sich aus einem Markt und einem Netz bildet.

### 1.1.2.1 Auswirkungen der Energiewende auf den deutschen Strommarkt

Der Strommarkt verbindet das Angebot mit der Nachfrageseite i. d. R. durch eine Strombörse. Die regionale Koordination findet in sog. Bilanzkreisen mithilfe von Verantwortlichen statt (z.B. einem Energieversorgungsunternehmen), welche entsprechend der prognostizierten Nachfragesituation das Stromangebot organisieren. Mit seinem Handeln verantwortet der sog. Bilanzkreisverantwortliche das Gleichgewicht zwischen Stromangebot und -nachfrage in der jeweiligen Region (KONSTANTIN 2013). Infolge des sukzessiven Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland sind an der Strombörse fallende und stärker schwankende Strompreise zu beobachten (WÜRFEL & KUNZELMANN 2014, PUDLIK ET AL. 2016). Abbildung 2 veranschaulicht diese Entwicklung in einem Überblick.

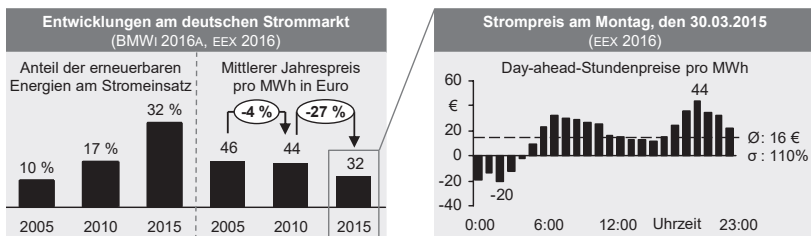


Abbildung 2: Entwicklungen am Strommarkt am Beispiel des Spotmarktes

Ersichtlich ist, dass zwischen 2010 und 2015 der mittlere Börsenpreis für Strom um über 27 %, von ca. 44 € auf ca. 32 € pro MWh, gefallen ist (EEX 2016). Gleichzeitig ist eine Erhöhung der untertägigen Preisschwankungen im jährlichen Mittel von ca. 10 € auf ca. 13 € festzustellen (EEX 2016). Zudem waren 2015 stündliche Preisschwankungen von über 100 % im Vergleich zum Tagesmittel sowie das Auftreten von negativen Preisen zu beobachten (EEX 2016). Dies unterstreicht die zunehmende Volatilität des Strommarktes. Exemplarisch zeigt Abbildung 2 einen Wochentag aus dem Jahr 2015 mit einer untertägigen Preisschwankung von über 100 % zum Tagesmittel. Die Schwankungen des Strompreises bieten für die Industrie Möglichkeiten, bei der Beschaffung Kostenvorteile zu erzielen. Der Strombörsenhandel unterstellt eine effiziente deutschlandweite Stromübertragung (EGERER ET AL. 2015), was allerdings nicht die technischen Gegebenheiten des Stromnetzes widerspiegelt (DENA 2005, DENA 2010, BMWI 2012).

### 1.1.2.2 Auswirkungen der Energiewende im deutschen Stromnetz

Die fluktuierende Erzeugungsscharakteristik stellt das Stromübertragungsnetz vor eine Herausforderung, da national und regional ein permanentes Gleichgewicht zwischen Stromangebot und -nachfrage herrschen muss (BNETZA 2011). Eine zeitliche und räumliche Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage nimmt einen kritischen Einfluss auf die Energieversorgung und führt zu sog. Netzengpässen (BNETZA 2011). Diese Engpässe sind durch die Stromnetzbetreiber präventiv oder reaktiv zu kompensieren, sodass sich einem regionalen Ausfall der Energieversorgung entgegenwirken lässt. Infolgedessen sind die Stromnetzbetreiber gefordert, Aufwände und Investitionen für die Sicherung der Netzstabilität zu betreiben (HINZ ET AL. 2014). Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, stehen unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen kann bei einem regionalen Engpass ein sog. *Redispatch*, d. h. eine Anpassung des Stromangebots, vorgenommen werden. Dieser reduziert oder erhöht im Vorfeld die Einspeisung von Erzeugungsanlagen innerhalb einer Region gegen eine monetäre Kompensation, um einem Netzengpass entgegenzuwirken (BNETZA 2016A). Das ist bei erneuerbaren Energiequellen, wie z. B. Photovoltaikanlagen, lediglich bedingt möglich (KLESSMANN ET AL. 2008). Zum anderen steht der Mechanismus der sog. *Regelenergie* zur Verfügung, welcher reaktiv eine regionale Über- oder Unterversorgung ad hoc ausgleicht (BNETZA 2013). Auch hier lassen sich auf der Erzeugungsseite vorgehaltene Kapazitäten gegen ein Entgelt nutzen, die entweder zusätzliche Energie zur Verfügung stellen oder ihre Leistung entsprechend reduzieren. Abbildung 3 stellt einen Überblick zu diesen Entwicklungen dar.

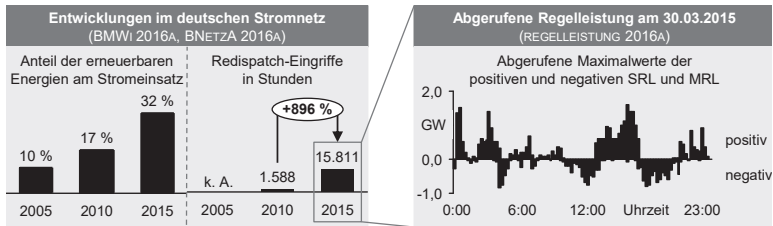


Abbildung 3: Entwicklungen im Stromnetz am Beispiel der Reserveleistung

Im Speziellen zeigt die Entwicklung der Redispatch-Eingriffe, dass ein großer Bedarf zur Anpassung zwischen Angebot und Nachfrage innerhalb des deutschen Stromsystems herrscht. Das wird bei der zusätzlichen Betrachtung der kumuliert abgerufenen Regelleistung aus der Sekundär- und Tertiärreserve (SRL und MRL) von 2,8 TWh im Jahr 2015 deutlich (REGELLEISTUNG 2016A). Am Beispieldatum von Abschnitt 1.1.2.1 ist der physikalische Eingriff der Netzbetreiber in Form der SRL und MRL dargestellt. In diesem Zeitraum waren die Netzbetreiber trotz der hohen Redispatch-Aufwände gezwungen, einen physikalischen Lastausgleich zwischen 850 MW in der negativen Regelleistung (Reduktion des Stromangebots) sowie 1.600 MW in der positiven Regelleistung (Erhöhung des Stromangebots) zu realisieren (REGELLEISTUNG 2016A). Die Reserveleistungen können grundsätzlich von Kraftwerken oder Speichersystemen erbracht werden. Allerdings sind diese nur eingeschränkt einsetzbar (z. B. Pumpspeicherkraftwerke) (STEFFEN 2012) und bedingt wirtschaftlich (z. B. Batteriespeicher) (KONZIELLA ET AL. 2013). Die Entwicklungen sowohl am Strommarkt als auch im Stromnetz wirken sich auf die Strompreise produzierender Unternehmen aus.

### 1.1.2.3 Auswirkungen der Energiewende auf produzierende Unternehmen

Zwar lassen sich an der Strombörse fallende Preise durch den Ausbau erneuerbarer Energiequellen beobachten, jedoch sind Unternehmen gleichzeitig mit steigenden Stromkosten konfrontiert (SCHUMACHER & WÜRFEL 2015). Zum einen begründet sich dies durch die unterschiedlichen Steuern und Umlagen, z. B. EEG-Umlage, und zum anderen durch die Netzentgelte, welche die in Abschnitt 1.1.2.2 beschriebenen Stabilisierungsmaßnahmen der Stromnetzbetreiber finanzieren. Abbildung 4 fasst die Entwicklung der Industriestromkosten und den Einsatz von Stromerzeugungsanlagen für produzierende Unternehmen in Deutschland zusammen.

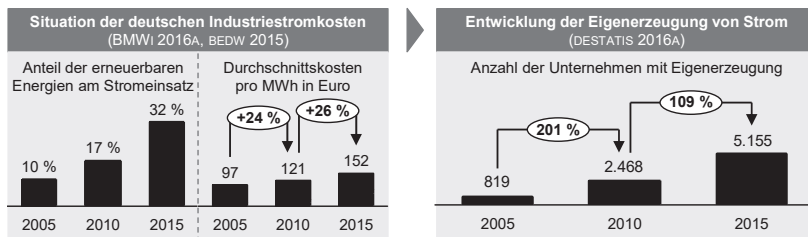


Abbildung 4: Entwicklungen der Industriestromkosten sowie der Eigenerzeugung von Strom in der Industrie

Das Ergebnis der aktuellen Entwicklungen zeigt eine kontinuierliche Stromkostensteigerung für industrielle Verbraucher (BDEW 2015). Um den steigenden Kosten entgegenzuwirken sowie mögliche Versorgungsengpässe zu kompensieren, investieren Unternehmen folglich vermehrt in Eigenerzeugungsanlagen, wie bspw. Blockheizkraftwerke. Die Zahl der Betriebe mit Eigenerzeugungsanlagen hat sich in den Jahren zwischen 2010 und 2015 mehr als verdoppelt. Diese erzeugten 2015 eine Gesamtstrommenge von 50 TWh. Dabei nutzten 70 % der Unternehmen erneuerbare Energieträger in ihrer Eigenerzeugung und produzierten damit 5 TWh an elektrischer Energie (DESTATIS 2016A).

Als Antwort auf die Herausforderungen der Energiewende haben Unternehmen neben der Eigenversorgung außerdem die Möglichkeit, sich als sog. *Prosumer* im Stromsystem zu positionieren (ROHJANS ET AL. 2010). Diese Unternehmen verfügen über die Fähigkeit, ihr Nachfrageverhalten gegenüber dem Stromsystem zu flexibilisieren. Das ermöglicht eine Kompensation von Stromangebotsschwankungen bzw. eine Erhöhung der Nachfrageelastizität (FINN & FITZPATRICK 2013). Allgemein wird dieses flexible Nachfrageverhalten als *Demand Response* zusammengefasst und stellt eine Alternative zu den Anpassungsaufwänden des Netzbetreibers dar (IEA 2003). Diese Flexibilisierung der Stromnachfrage gelingt in Industrieunternehmen bspw. mit einem sog. Lastmanagement – einem gezielten Zu- oder Abschalten von elektrischen Anlagen – zur Umsetzung (KLOBASA 2010). Die dadurch gesteigerte Nachfrageelastizität bietet eine bessere Integration von erneuerbaren Energiequellen (PAULUS & BORGGREFE 2011).

## 1.2 Betrachtungsrahmen und Motivation

Produktionsunternehmen unterliegen einem stetigen Wandel (WESTKÄMPER 2006, NYHUIS ET AL. 2008A, SCHENK ET AL. 2014). Neben den Herausforderungen der Energiewende sind Fabriken u. a. mit immer kürzeren Produktlebenszyklen, zunehmend individualisierten Produkten, einem globalen Wettbewerb sowie einer alternden Mitarbeiterstruktur konfrontiert. Diese Aspekte werden als *ökonomische* und *soziale Treiber* zusammengefasst (REINHART & ABELE 2011, SPATH 2013). Infolge der Energiewende und des gestiegenen Umweltbewusstseins der Konsumenten nehmen *ökologische Treiber* für die Planung und den Betrieb von Produktionsunternehmen eine immer wichtigere Position ein (FICHTER 2005, KLEINDORFER ET AL. 2005, FANG ET AL. 2011). Als Beispiele für Treiber sind hier Umwelt- und Emissionsrichtlinien, steigende Energiekosten oder der Kundenwunsch nach nachhaltig gefertigten Produkten anzuführen (DEIF 2011, REINHART & ABELE 2011, DORNFELD 2013). Abbildung 5 fasst die unterschiedlichen Treiber im Umfeld der Produktionsunternehmen exemplarisch zusammen. Um diesen unterschiedlichen Zielgrößen gerecht zu werden, bestehen im Bereich der Produktion erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit und Flexibilität technischer und organisatorischer Systeme (SETHI & SETHI 1990, FELDMANN & SLAMA 2001).



Abbildung 5: Treiber im Umfeld von produzierenden Unternehmen  
(in Anlehnung an ABELE & REINHART 2011)

Mit über 36.000 Unternehmen, über 7 Mio. Arbeitsplätzen (DESTATIS 2016B) sowie einem Anteil von 22,6 % an der Bruttowertschöpfung (BMW I 2016B) gilt das verarbeitende Gewerbe als einer der wichtigsten Wirtschaftsbereiche in Deutschland. In Bezug auf den Energieeinsatz werden dort 28 % der gesamten Energieträger der Bundesrepublik benötigt (ROHDE 2013, AGE B 2015). Dabei erweist sich der industrielle Anteil am deutschen Stromverbrauch mit 43 % bzw. 61.812 TWh im



Vergleich zu anderen Sektoren (z. B. Haushalte) als überproportional hoch (AGEB 2015). Innerhalb des verarbeitenden Gewerbes nehmen metallverarbeitende Betriebe, inklusive des Maschinen- und Fahrzeugbaus, durch ihre Exportstärke einen besonderen Stellenwert ein (DISPAN & SCHWARZ-KOCHER 2014). Diese Betriebe verbrauchen mit 329 PJ 13 % der Energie bzw. mit 12.962 TWh 21 % des Strombedarfs innerhalb der verarbeitenden Industrie (AGEB 2015). Der Energiebedarf des metallverarbeitenden Gewerbes setzt sich zu 50 % aus elektrischer Energie, zu 43 % aus Brennstoffen und zu 7 % aus Fernwärme zusammen (ROHDE 2013). Diese Energieformen werden an einem Produktionsstandort direkt genutzt oder mittels Umwandlungsanlagen in eine benötigte Energieform überführt (z. B. Gas in Prozesswärme und Elektrizität) bzw. zwischengespeichert (SCHIEFERDECKER 2006). Im Bezug auf den Einsatz von elektrischer Energie ist festzustellen, dass diese zu 66 % in die Betriebsmittel (z. B. Werkzeugmaschinen), zu 21 % in Nebenanlagen (z. B. Druckluftbereitstellung) und zu 13 % in Beleuchtung und Raumklimatisierung eingeht (ROHDE 2013). Abbildung 6 zeigt die Beschaffung von Energieträgern und den Einsatz von Strom in der metallverarbeitenden Industrie.

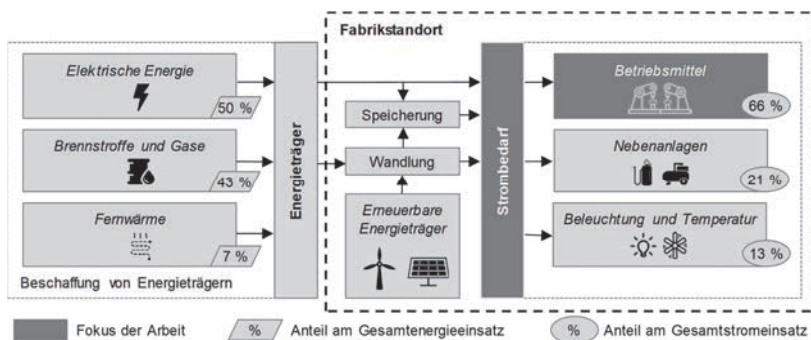


Abbildung 6: Beschaffung und Einsatz von elektrischer Energie in der metallverarbeitenden Industrie

Die Situation deutscher Unternehmen ist im Rahmen der aktuellen energiepolitischen Ziele sehr herausfordernd. So erachten Unternehmen neben den hohen Stromkosten vor allem die zukünftige Versorgungssicherheit in Deutschland als kritisch (LEVERMANN 2013). Diese Faktoren stellen sowohl einen wirtschaftlichen Wettbewerbsnachteil als auch ein Investitionsrisiko für den Produktionsstandort Deutschland dar (ENGELMANN 2013, LEVERMANN 2013). Da im Kontext der Energiewende die Stromerzeugung sowie der Einsatz elektrischer Energie im Vordergrund stehen (vgl. Abschnitt 1.1.2), fokussiert sich diese Arbeit auf die Abstim-

mung des Strombedarfs von produktionsabhängigen Betriebsmitteln. Anforderungen im Rahmen von betriebsorganisatorischen Fragestellungen sind hier zu berücksichtigen und in ein geeignetes Planungsverfahren zu überführen. Dabei stellt die Integration der Ressource Energie als wesentlicher Parameter bestehende Ansätze vor neue Herausforderungen. Neben den strategischen Leistungszielen *Zeit*, *Kosten* und *Qualität* (WESTKÄMPER 2006, WIENDAHL 2011) sind weitere Zielgrößen, wie *Energiekosten* und *CO<sub>2</sub>-Emissionen*, zu integrieren. Diese finden bisher kaum oder nur teilweise Berücksichtigung (RAGER 2008, HERRMANN ET AL. 2011, DUFLOU ET AL. 2012). Der Grund hierfür liegt in den fehlenden Informationen über den Bezug und den Einsatz des Produktionsfaktors *Energie*. Speziell fehlen im Rahmen der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) geeignete Verfahren, welche die Charakteristik des elektrischen Energiebezugs in der Auftragsplanung beachten. Wie es in dieser Arbeit zu zeigen gilt, sind hierzu geeignete Lösungsansätze für diese Fragestellung abzuleiten, welche die Herausforderungen eines energieorientierten Fabrikbetriebs aufgreifen.

Zu diesem Zweck wird im Folgenden eine deskriptive Modellierung gewählt, welche die Energiesituation eines Unternehmens mit den Planungsaufgaben innerhalb der Produktion verknüpft. Mithilfe eines kreativ synthetischen Ansatzes werden deskriptive Beschreibungsmodelle mit einem sequenziellen Vorgehensmodell vereinigt, um anschließend als Erprobungsgegenstand einer prototypischen Validierung zu dienen. Der Erkenntnisgewinn fließt in die Formulierung einer übergreifenden Methodik ein, um Produktionsplanungsaufgaben an ein schwankendes Energieangebot auszurichten. Somit ordnet sich diese Arbeit im Rahmen der Wissenschaftssystematik in die Realwissenschaften ein, dort im Speziellen in die angewandten Handlungswissenschaften (ULRICH & HILL 1976, TÖPFER 2012). Bezogen auf das forschungsmethodische Vorgehen, steht ein heuristischer Bezugsrahmen im Fokus. Dieser diskutiert ausgehend vom Stand der Erkenntnisse und dem Aufbau eines theoretischen Verständnisses die Fragestellung einer energieorientierten Produktion. Gesammelte Daten aus industrienahen Forschungsprojekten sowie abstrahierten Modellen liefern neue theoretische Erkenntnisse, welche es kritisch zu reflektieren gilt. Die Ergebnisse dieser Reflektion finden in abstrahierter Form Anwendung, um das theoretische Verständnis zu erweitern und die generierten Modelle weiterzuentwickeln (KUBLCEK 1977, HERMANN 1996). Nachfolgend wird die vorliegende Arbeit durch eine entsprechende Zielsetzung motiviert. Diese bildet den Rahmen für einen strukturierten Aufbau der Arbeit, um geeignete Forschungsfragen zu formulieren und mithilfe der erarbeiteten Erkenntnisse wissenschaftlich zu beantworten.

### 1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Für eine wirtschaftliche und ökologische Auftragsplanung ist es notwendig, die technischen und organisatorischen Freiheitsgrade zu identifizieren, zu beschreiben und anschließend in ein operatives Planungsverfahren zu überführen. Im Rahmen der PPS ist diese Flexibilität in einem systematischen Ansatz darzustellen und nach vorgegebenen Zielgrößen auszurichten. Die energiebezugsorientierte Auftragsplanung übernimmt diesbezüglich die Aufgabe einer a-priori Anpassung der Produktion auf Basis verfügbarer Energieinformationen. Eine mittel- bis kurzfristige Koordination soll eine Abstimmung der Produktion ermöglichen, welche die unterschiedlichen Energiebezugsoptionen eines Standortes berücksichtigt. Eine solche Ausrichtung trägt im Rahmen dieser Arbeit zu einer Flexibilisierung des Stromnachfrageverhaltens von Fabrikssystemen bei.

Zielsetzung dieser Arbeit bezieht sich auf die Entwicklung einer *Methodik zur energiebezugsorientierten Auftragsplanung*. Die Ressource *elektrische Energie* soll dabei für den Fabrikbetrieb als Planungselement modelliert und somit der Energiebedarf für die Produktionsplanung beeinflussbar werden. Speziell das Vorgehen der Produktionsplanung ist hierbei um energetische Zielgrößen zu erweitern.

Innerhalb des heuristischen Bezugsrahmens zur Erstellung der Methodik leiten sich vier Hauptaspekte ab, welche im Rahmen dieser Arbeit behandelt werden. Diese lassen sich in folgende vier Forschungsfragen überführen:

1. *Energiebezug*  
Wie können in der Produktionsplanung unterschiedlichen Varianten von Bezugsoptionen elektrischer Energieträger berücksichtigt werden?
2. *Energiebedarf*  
Wie können produktionsabhängige Energiebedarfe eines Produktionsstandortes als Gegenstand der Planung modelliert werden?
3. *Lösungsverfahren*  
Wie können energieorientierte Zielstellungen eines Unternehmens in einem Planungsverfahren berücksichtigt werden?
4. *Nutzen*  
Wie kann der Nutzen einer energiebezugsorientierten Planung für ein Unternehmen quantifiziert werden?

Mit der Beantwortung dieser Fragestellungen sollen Unternehmen zukünftig befähigt werden, ihren Energieeinsatz bei gleichzeitiger Berücksichtigung individueller ökonomischer und ökologischer Ziele zu planen. Durch die methodische Integration von Energiebezugsoptionen und produktionsbezogenen Energiebedarfen in die PPS ist eine Beeinflussung des Energieeinsatzes sowie des energieverbrauchsbedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes zu realisieren. Hierzu ist mithilfe der Auftragsplanung ein *variables Lastmanagement* mit dem konventionellen Ablauf der Produktionsplanung zu ver-einen.

Die vorliegende Arbeit ist in neun Kapitel unterteilt, welche im Folgenden kurz erläutert werden. *Kapitel 1* dient als Einleitung in die Inhalte und Zielsetzung der Arbeit. *Kapitel 2* beschreibt die Grundlagen in Bezug auf die Energiebezugsoptionen eines Unternehmens sowie die Aufgaben der Auftragsplanung im Kontext der PPS. *Kapitel 3* beschäftigt sich mit dem Stand der Erkenntnisse im Bereich des Energie- und Lastmanagements in Verbindung mit der PPS. Dabei werden bestehende energieorientierte PPS-Ansätze aus der Wissenschaft aufgegriffen, vorgestellt und bewertet.

*Kapitel 4* verschafft einen Überblick über den Aufbau sowie die Elemente einer energieorientierten Auftragsplanung. *Kapitel 5* fokussiert die Integration der unterschiedlichen Energiebezugsoptionen eines Produktionsstandortes für die PPS. Der Energiebedarf der Produktion wird in *Kapitel 6* erarbeitet. Dabei werden die Strombedarfe von Produktionsressourcen, Produkten und Aufträgen modellhaft beschrieben. *Kapitel 7* nimmt die planungsgerechte Modellierung von Energiebezug und Energiebedarf auf und überführt diese in ein sequenzielles mathematisches Lösungsverfahren. Dieses Verfahren setzt sich aus zwei Ansätzen zur Mengen- sowie einem Ansatz zur Ablaufplanung zusammen.

In *Kapitel 8* werden die erarbeiteten Erkenntnisse auf ihre industrielle Umsetzbarkeit und Validität hin bewertet. Im Rahmen dessen werden Methoden zur Beschreibung von Energiebedarf und -bezug am Beispiel eines Anwendungsfalls aus dem Maschinen- und Anlagenbau vorgestellt. *Kapitel 9* fasst die gesamte Arbeit zusammen und analysiert und diskutiert die Inhalte sowie die Ergebnisse. Den Abschluss bilden der Ausblick und der weitere Forschungsbedarf. Abbildung 7 veranschaulicht den Aufbau der vorliegenden Arbeit.

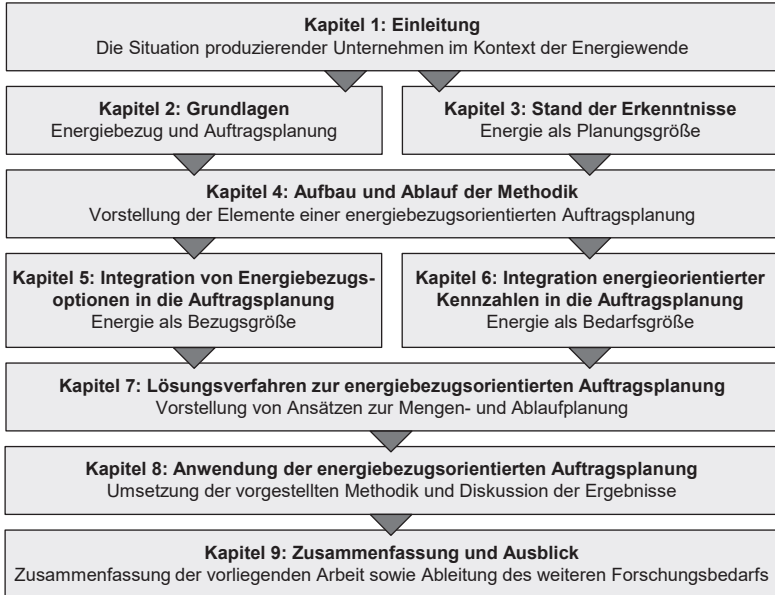


Abbildung 7: Aufbau der vorliegenden Arbeit

# 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

- Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung**  
115 Seiten - ISBN 3-931327-01-9
- Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt**  
82 Seiten - ISBN 3-931327-02-7
- Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung**  
110 Seiten - ISBN 3-931327-03-5
- Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte**  
134 Seiten - ISBN 3-931327-04-3
- Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung**  
95 Seiten - ISBN 3-931327-05-1
- Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung**  
86 Seiten - ISBN 3-931327-06-0
- Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**  
80 Seiten - ISBN 3-931327-07-9
- Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**  
130 Seiten - ISBN 3-931327-08-7
- Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**  
120 Seiten - ISBN 3-931327-09-5
- 3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**  
90 Seiten - ISBN 3-931327-10-8
- Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion**  
110 Seiten - ISBN 3-931327-11-6
- Autonome Produktionssysteme**  
100 Seiten - ISBN 3-931327-12-4
- Planung von Montageanlagen**  
130 Seiten - ISBN 3-931327-13-2
- Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- Flexible fluide Kleb-/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung**  
80 Seiten - ISBN 3-931327-15-9
- Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart**  
80 Seiten - ISBN 3-931327-16-7
- Industriekeramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen**  
80 Seiten - ISBN 3-931327-17-5
- Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen**  
165 Seiten - ISBN 3-931327-18-3
- Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung**  
85 Seiten - ISBN 3-931327-19-1
- Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen – Plug & Play – Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**  
105 Seiten - ISBN 3-931327-20-5
- Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen**  
95 Seiten - ISBN 3-931327-21-3
- Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**  
95 Seiten - ISBN 3-931327-22-1
- EDM Engineering Data Management**  
195 Seiten - ISBN 3-931327-24-8
- Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**  
152 Seiten - ISBN 3-931327-25-6
- Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**  
110 Seiten - ISBN 3-931327-26-4
- Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**  
111 Seiten - ISBN 3-931327-27-2
- Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**  
154 Seiten - ISBN 3-931327-28-0
- Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlussseminar**  
156 Seiten - ISBN 3-931327-29-9
- Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**  
183 Seiten - ISBN 3-931327-31-0
- Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**  
33 Seiten - ISBN 3-931327-33-7
- Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**  
102 Seiten - ISBN 3-931327-34-5
- Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**  
129 Seiten - ISBN 3-931327-35-3
- Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**  
124 Seiten - ISBN 3-931327-36-1
- Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätssteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**  
95 Seiten - ISBN 3-931327-37-X
- Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**  
128 Seiten - ISBN 3-931327-38-8
- Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**  
130 Seiten - ISBN 3-931327-39-6
- Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibel und schneller mit modernen Kooperationen**  
160 Seiten - ISBN 3-931327-40-X
- Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**  
146 Seiten - ISBN 3-89675-041-0
- Stückzahlflexible Montagesysteme**  
139 Seiten - ISBN 3-89675-042-9
- Produktivität und Verfügbarkeit - ...durch Kooperation steigern**  
120 Seiten - ISBN 3-89675-043-7
- Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von Mikrobautteilen**  
125 Seiten - ISBN 3-89675-044-5
- Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**  
173 Seiten - ISBN 3-89675-045-3
- 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 3-98675-069-0
- 70 Mechatronik - Strukturndynamik 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
- 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 Simulationssystem für das Strahlenschmelzen  
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 Band 1–121

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

Band 1–121 sind im Springer Verlag, Berlin, Heidelberg erschienen.

- 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 Industrieroboter  
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, J.: Schneiderodierte 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 Leitungszäse  
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 · 44 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 Eibelhäuser, 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 Pfang, 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 Hartberger, H.: **Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme**  
1991 - 58 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-53326-5
- 33 Tuzcek, H.: **Inspektion von Karosserieteilen 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 Reiraum-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 Götz, 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 automatisierten Montage von nicht formstabilen Bauteilen**  
1992 - 73 Abb. - 168 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.: **Prozßuntersuchungen 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 Investitionscontrolling 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 Industrieroboterereinsatzes**  
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 Woenckhaus, Ch.: **Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-Layoutoptimierung**  
1994 - 81 Abb. - 140 Seiten - ISBN 3-540-57284-8
- 66 Kummesteiner, 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 Wiethen, 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 Projektförderungs- 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 Zetmayer, H.: **Verfahren zur simulationsgestützten Produktionsregelung in der Einzel- und Kleinstserienproduktion**  
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 Zäh, M. F.: Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen  
1995 - 95 Abb. - 186 Seiten - ISBN 3-540-58624-5
- 80 Zwanzger, 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 Produktionszellen  
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 3-540-58999-6
- 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 Deutschle, 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 komplexe 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-Konturfolgensensoren  
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 Schäffer, 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 Produktentwicklung  
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 Pischelstrieder, 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 Ablaufsimulationssystemen  
1997 - 96 Abb. - 191 Seiten - ISBN 3-540-62202-0
- 106 Wagner, M.: Steuerungsintegrierte Fehlerbehandlung für maschinennahe Abläufe  
1997 - 94 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-62656-5
- 107 Lorenzen, J.: Simulationsgestützte 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 Füße prozesse  
1998 - 85 Abb. - 136 Seiten - ISBN 3-540-64511-X
- 115 Lindermaier, R.: Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen  
1998 - 84 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-64686-8
- 116 Koehrer, J.: Prozeßorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit Großserienfertigung  
1998 - 75 Abb. - 185 Seiten - ISBN 3-540-65037-7
- 117 Schuller, R. W.: Leitfäden zum automatisierten Auftrag von hochviskosen Dichtmassen  
1999 - 76 Abb. - 162 Seiten - ISBN 3-540-65320-1
- 118 Debuschewitz, 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 Pfoh, E.: Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen  
1999 - 69 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-65525-5
- 121 Spitznagel, J.: Erfahrungsgeleitete Planung von Laseranlagen  
1999 - 63 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-65896-3

## Forschungsberichte IWB ab Band 122

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

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

- 122 *Burghard Schneider*: Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile  
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-559-9
- 123 *Bernold Goldstein*: Modellgestützte Geschäftsprozessgestaltung in der Produktentwicklung  
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-546-9
- 124 *Helmut E. Mößner*: Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme  
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 Kugelmann*: 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 Partnerverbänden  
152 Seiten - ISBN 978-3-89675-645-9
- 133 *Knut Heltmann*: Sichere Prognosen für die Produktionsptimierung mittels stochastischer Modelle  
146 Seiten - ISBN 978-3-89675-675-6
- 134 *Stefan Blessing*: Gestaltung der Materialfußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen  
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-690-9
- 135 *Can Abay*: Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik  
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 Fokusspositionierung beim Laserstrahlschweißen  
193 Seiten - ISBN 978-3-89675-730-2
- 139 *Khalid-Alexander Sabbah*: Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen  
148 Seiten - ISBN 978-3-89675-739-5
- 140 *Klaus U. Schilffebacher*: Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken  
187 Seiten - ISBN 978-3-89675-754-8
- 141 *Andreas Sprengel*: Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung  
144 Seiten - ISBN 978-3-89675-757-9
- 142 *Andreas Gallasch*: Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion  
150 Seiten - ISBN 978-3-89675-781-4
- 143 *Ralf Cuiper*: Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen  
174 Seiten - ISBN 978-3-89675-783-8
- 144 *Christian Schneider*: Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion  
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-789-0
- 145 *Christian Jonas*: Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen  
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-870-5
- 146 *Ulrich Willnecker*: Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen  
194 Seiten - ISBN 978-3-89675-891-0
- 147 *Christof Lehner*: Beschreibung des Nd:YAG-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss  
205 Seiten - ISBN 978-3-8316-0004-5
- 148 *Frank Rick*: Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen  
145 Seiten - ISBN 978-3-8316-0008-3
- 149 *Michael Höhn*: 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 geregelten Antrieben  
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0021-2
- 152 **Stephan Dürrschmidt:** Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0023-6
- 153 **Bernhard Eich:** Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung  
136 Seiten - ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 **Wolfgang Rudarfer:** Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke  
207 Seiten - ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 **Hans Meier:** Verteilte kooperative Steuerung maschinenaher Abläufe  
166 Seiten - ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 **Gerhard Nowak:** Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 **Martin Werner:** Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen  
191 Seiten - ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 **Bernhard Lenz:** Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung  
162 Seiten - ISBN 978-3-8316-0094-6
- 159 **Stefan Grunwald:** Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung  
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0095-3
- 160 **Josef Gartner:** Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen  
165 Seiten - ISBN 978-3-8316-0096-0
- 161 **Wolfgang Zeller:** Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0100-4
- 162 **Michael Loferer:** Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen  
178 Seiten - ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 **Jörg Führer:** Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses  
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 **Jürgen Höppner:** Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler  
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0125-7
- 165 **Hubert Götte:** Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik  
258 Seiten - ISBN 978-3-8316-0126-4
- 166 **Martin Weibenberger:** Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess  
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0138-7
- 167 **Dirk Jacob:** Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0142-4
- 168 **Ulrich Raßgoderer:** System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen  
175 Seiten - ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 **Robert Klingel:** Anziehfverfahren 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 telepräsenter Montagesysteme  
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 **Welf Broser:** Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 **Frank Breitinge:** Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen  
156 Seiten - ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 **Johann von Pieveling:** Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling  
163 Seiten - ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 **Thomas Baudisch:** Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 **Heinrich Schieferstein:** Experimentelle Analyse des menschlichen Kaustems  
132 Seiten - ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 **Joachim Berlak:** Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 **Christian Meierloh:** Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung  
181 Seiten - ISBN 978-3-8316-0292-6
- 183 **Volker Weber:** Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0330-5
- 184 **Thomas Bongardt:** Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern  
170 Seiten - ISBN 978-3-8316-0332-9
- 185 **Tim Angerer:** Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0336-7
- 186 **Alexander Krüger:** Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme  
197 Seiten - ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 **Matthias Meindl:** Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing  
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-0465-4
- 188 **Thomas Fusch:** Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0467-8
- 189 **Thomas Mosandl:** Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer 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 Produktionssystemen  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0475-3

- 192 **Florian Auer:** Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen  
160 Seiten - ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 **Carsten Selke:** Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung  
137 Seiten - ISBN 978-3-8316-0495-1
- 194 **Markus Seefried:** Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern  
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 **Wolfgang Wagner:** Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 **Christopher Ulrich:** Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 **Johann Härtl:** Prozessgasfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern  
148 Seiten - ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 **Bernd Hartmann:** Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 **Michael Schilp:** Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0631-3
- 200 **Florian Manfred Grätz:** Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0643-6
- 201 **Dieter Eireiner:** Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding  
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-0650-4
- 202 **Gerhard Volkwein:** Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0663-9
- 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 telepräsen- ten Mikromontage  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 **Rainer Schack:** Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 **Wolfgang Sudhoff:** Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion  
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 **Stefan Müller:** Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 **Ulrich Kohler:** Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme  
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 **Klaus Schlicknieder:** Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 **Niklas Müller:** Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 **Daniel Siedl:** Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrenbewegungen  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 **Dirk Ansorge:** Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen  
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 **Georg Würnsch:** Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme  
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 **Thomas Oertli:** Strukturmehchanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 **Bernd Petzold:** Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsen- te Mikromontage  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 **Lucas Papadakis:** Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains  
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 **Mathias Mörtl:** Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung  
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 **Sebastian Weig:** Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten  
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 **Tobias Hornfeck:** Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie  
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 **Hans Egermeier:** Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 **Matthäus Sigi:** Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlstahns  
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 **Mark Harfensteller:** Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets  
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 **Jochen Werner:** Methode zur roboterbasieren förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie  
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 **Florian Hagemann:** Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 **Haitham Rashidy:** Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 **Wolfgang Vogl:** Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern  
248 Seiten - ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 **Sonja Schedl:** Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess  
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 **Andreas Trautmann:** Bifocal Hybrid Laser Welding - A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels  
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 **Patrick Neise:** Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 **Christian Habicht:** Einsatz und Auslegung zeitenfensterbasierter Planungssysteme in unterbetrieblichen Wertschöpfungsketten  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 **Michael Spitzweg:** Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen  
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0931-4

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

- 277 **Alexander Götzfried:** Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4310-3
- 278 **Saskia Reinhardt:** Bewertung der Ressourceneffizienz in der Fertigung  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4317-2
- 279 **Fabian J. Meling:** Methodik für die Rekombination von Anlagentechnik  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4319-6
- 280 **Jörg Egbers:** Identifikation und Adaption von Arbeitsplätzen für leistungsgewandelte Mitarbeiter entlang des Montageplanungsprozesses  
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4328-8
- 281 **Max von Bredow:** Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und des Risikos unternehmensübergreifender Wertschöpfungskonfigurationen in der Automobilindustrie  
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4337-0
- 282 **Tobias Philipp:** RFID-gestützte Produktionssteuerungsverfahren für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen  
142 Seiten - ISBN 978-3-8316-4346-2
- 283 **Stefan Rainer Johann Braunreuther:** Untersuchungen zur Lasersicherheit für Materialbearbeitungsanwendungen mit brillanten Laserstrahlquellen  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4348-6
- 284 **Johannes Pohl:** Adaption von Produktionsstrukturen unter Berücksichtigung von Lebenszyklen  
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4358-5
- 285 **Mathy Wiesbeck:** Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerführung  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4369-1
- 286 **Sonja Huber:** In-situ-Legierungsbestimmung beim Laserstrahlschweißen  
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4370-7
- 287 **Robert Wiedenmann:** Prozessmodell und Systemtechnik für das laserunterstützte Fräsen  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4384-4
- 288 **Thomas Irenhauser:** Bewertung der Wirtschaftlichkeit von RFID im Wertschöpfungsnetz  
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4404-9
- 289 **Jens Hatwig:** Automatisierte Bahnplanung für Industrieroboter und Scanneroptiken bei der Remote-Laserstrahlbearbeitung  
196 Seiten - ISBN 978-3-8316-4405-6
- 290 **Matthias Baur:** Aktives Dämpfungssystem zur Ratterunterdrückung an spanenden Werkzeugmaschinen  
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-4408-7
- 291 **Alexander Schober:** Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktursimulation  
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-4415-5
- 292 **Matthias Glonegger:** Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen  
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4419-3
- 293 **Markus Kahmert:** Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahlschmelzen (EBM)  
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 **Sebastian Schindler:** Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion  
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4434-6
- 295 **Tobias Fockerer:** Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärrens  
128 Seiten - ISBN 978-3-8316-4448-3
- 296 **Rüdiger Spillner:** Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion  
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4450-6
- 297 **Daniel Schmid:** Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen für die Automobilindustrie  
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-4452-0
- 298 **Florian Karl:** Bedarfsermittlung und Planung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln  
222 Seiten - ISBN 978-3-8316-4458-2
- 299 **Philipp Ronald Engelhardt:** System für die RFID-gestützte situationsbasierte Produktionssteuerung in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage  
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-4472-8
- 300 **Markus Graßl:** Bewertung der Energieflexibilität in der Produktion  
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4476-6
- 301 **Thomas Kirchmeier:** Methode zur Anwendung der berührungslosen Handhabung mittels Ultraschall im automatisierten Montageprozess  
196 Seiten - ISBN 978-3-8316-4478-0
- 302 **Oliver Rösch:** Steigerung der Arbeitsgenauigkeit bei der Fräsbearbeitung metallischer Werkstoffe mit Industrierobotern  
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4486-5
- 303 **Christoph Sieben:** Entwicklung eines Prognosemodells zur prozessbegleitenden Beurteilung der Montagequalität von Kolbendichtungen  
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4510-7
- 304 **Philipp Alexander Schmidt:** Laserstrahlschweißen elektrischer Kontakte von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen  
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4519-0
- 305 **Yi Shen:** System für die Mensch-Roboter-Koexistenz in der Fließmontage  
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4520-6
- 306 **Thomas Bonin:** Moderne Ordnungsreduktionsverfahren für die Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen  
274 Seiten - ISBN 978-3-8316-4522-0
- 307 **Jan Daniel Musiol:** Remote-Laserstrahl-Abtragschneiden  
168 Seiten - ISBN 978-3-8316-4523-7
- 308 **Emin Genc:** Frühwarnsystem für ein adaptives Störungsmanagement  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4525-1
- 309 **Mirko Langhorst:** Beherrschung von Schweißverzug und Schweißteigenspannungen  
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4524-2
- 310 **Markus Schweiße:** Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahloszillation  
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4536-7
- 311 **Florian Geiger:** System zur wissensbasierten Maschinenbelegungsplanung auf Basis produktspezifischer Auftragsdaten  
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4537-4
- 312 **Peter Schnellbach:** Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendung unter Berücksichtigung von Zielgrößen Ganzheitlicher Produktionssysteme  
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-4540-4
- 313 **Stefan Schwarz:** Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4542-8
- 314 **Markus Pröpster:** Methodik zur kurzfristigen Austaktung variantenreicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugbaus  
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4547-3
- 315 **Dominik David Simon:** Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum Umformen und Spannen von Kunststoffscheiben und -schalen  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4548-0
- 316 **Stefan Maurer:** Frühaufklärung kritischer Situationen in Versorgungsprozessen  
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4554-1



- 317 **Tobias Maier:** Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen  
274 Seiten - ISBN 978-3-8316-4561-9
- 318 **Klemens Konrad Niehues:** Identifikation linearer Dämpfungsmodelle für Werkzeugmaschinenstrukturen  
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4568-8
- 319 **Julian Christoph Sebastian Bachhaus:** Adaptierbares aufgabenorientiertes Programmiersystem für Montagesysteme  
264 Seiten - ISBN 978-3-8316-4570-1
- 320 **Sabine G. Zitzlberger:** Flexibles Werkzeug zur Umformung von Polycarbonatplatten unter besonderer Beachtung der optischen Qualität  
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4573-2
- 321 **Christian Thiemann:** Methode zur Konfiguration automatisierter thermografischer Prüfsysteme  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4574-9
- 322 **Markus Westermeier:** Qualitätsorientierte Analyse komplexer Prozessketten am Beispiel der Herstellung von Batteriezellen  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4586-2
- 323 **Thorsten Klein:** Agiles Engineering im Maschinen- und Anlagenbau  
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4598-5
- 324 **Markus Wiedemann:** Methodik zur auslastungsorientierten Angebotsterminierung für hochvariante Produkte mit kundenindividuellen Leistungsanteilen  
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4599-2
- 325 **Harald Kraus:** Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen durch schichtweise thermografische In-Process-Überwachung  
304 Seiten - ISBN 978-3-8316-4628-9
- 326 **Stefan Krottl:** Online-Simulation von fluidischen Prozessen in der frühen Phase der Maschinen- und Anlagenentwicklung  
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4636-4
- 327 **Andreas Roth:** Modellierung des Rührreißschweißens unter besonderer Berücksichtigung der Spalttoleranz  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4639-5
- 328 **Philipp Benjamin Michaeli:** Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien am Beispiel der Triebwerksindustrie  
288 Seiten - ISBN 978-3-8316-4642-5
- 329 **Michael Richard Niehues:** Adaptive Produktionssteuerung für Werkstattfertigungssysteme durch fertigungsbegleitende Reihenfolgebildung  
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-4650-0
- 330 **Johannes Stock:** Remote-Laserstrahltrennen von kohlenstoffaserverstärktem Kunststoff  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4662-3
- 331 **Andreas Fabian Hees:** System zur Produktionsplanung für rekonfigurierbare Produktionssysteme  
218 Seiten - ISBN 978-3-8316-4676-0
- 332 **Fabian Michael Distel:** Methodische Auslegung ultraschallbasierter berührungsloser Handhabungssysteme  
292 Seiten - ISBN 978-3-8316-4679-1
- 333 **Christian Plehn:** A Method for Analyzing the Impact of Changes and their Propagation in Manufacturing Systems  
276 Seiten - ISBN 978-3-8316-4695-1
- 334 **Josef Huber:** Verfahren zur Klassifikation von Ungängen bei der optischen Prüfung von Batterieseparatoren  
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-4593-0
- 335 **Martin Schmid:** Kognitive Prozesssteuerung zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Druckindustrie  
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-4139-0
- 336 **Alexander Belitzki:** Rechnergestützte Minimierung des Verzugs laserstrahlgewebter Bauteile  
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4254-0
- 337 **Georg Albin Josef Götz:** Methode zur Steigerung der Formflexibilität von Verpackungsmaschinen  
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4332-5
- 338 **Thomas Knoche:** Elektrolytbefüllung prismatischer Lithium-Ionen-Zellen  
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4714-9
- 339 **Johannes Graf:** Ein Vorgehensmodell zur automatisierten und qualitätskonformen Handhabung textiler Halbzeuge  
262 Seiten - ISBN 978-3-8316-4745-3
- 340 **Georgios Dimitrios Theodosiadi:** Thermal Joining based on Reactive Multilayered Nanofoils  
110 Seiten - ISBN 978-3-8316-4747-7
- 341 **Fabian Karl Keller:** Methodik zur energiebezugsorientierten Auftragsplanung  
218 Seiten - ISBN 978-3-8316-4761-3