

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

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.

Gunther Reinhart

Michael Zäh

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 Krotil, 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

Abkürzungsverzeichnis.....	i
Verzeichnis der Formelzeichen.....	v
Inhaltsverzeichnis.....	ix
1 Einleitung	1
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
2 Grundlagen.....	13
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
3	Stand der aktuellen Erkenntnisse	45
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
4	Aufbau und Übersicht der Methodik	59
4.1	Allgemeines	59
4.2	Aufbau der energiebezugsorientierten Auftragsplanung	60
4.3	Ablauf der energiebezugsorientierten Auftragsplanung	61
5	Integration der Energiebezugsoptionen in die Auftragsplanung	63
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
6	Integration energieorientierter Kennzahlen in auftragsbezogene Planungselemente	81
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
7	Lösungsverfahren zur energiebezugsorientierten Auftragsplanung..	99
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
8	Anwendung der energiebezugsorientierten Auftragsplanung	127
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
9	Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick.....	149
9.1	Zusammenfassung	149
9.2	Kritische Diskussion der Ergebnisse	150
9.3	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf.....	151
10	Literaturverzeichnis	153
11	Studienarbeiten	181

1 Einleitung

„Die Sicherstellung einer zuverlässigen, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung ist eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts.“ (BMW1 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. CO₂, 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 CO₂-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 CO₂-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.

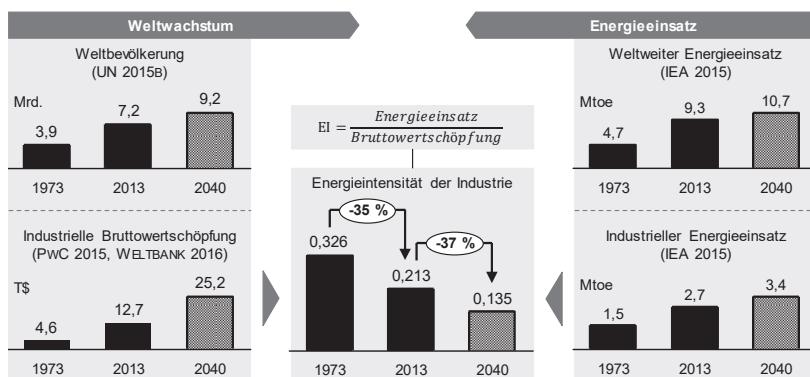


Abbildung 1: Entwicklung der industriellen Energieintensität in den Jahren 1973 und 2013 sowie die Prognose für das Jahr 2040

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 fluktuiierende 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.

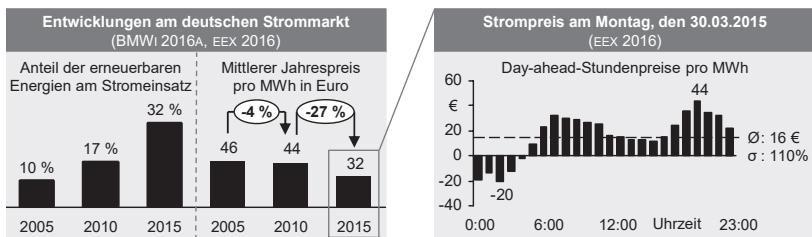


Abbildung 2: Entwicklungen am Strommarkt am Beispiel des Spotmarktes

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 (GERER 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 Erzeugungscharakteristik 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.

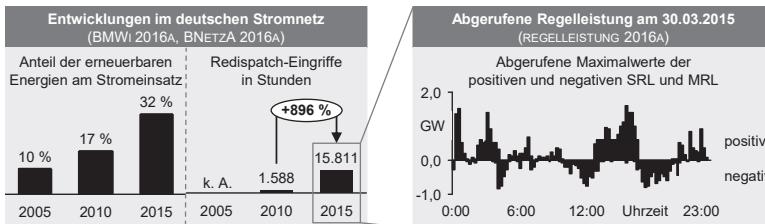


Abbildung 3: Entwicklungen im Stromnetz am Beispiel der Reserveleistung

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 Regelenergie 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) (KONDZIELLA 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.

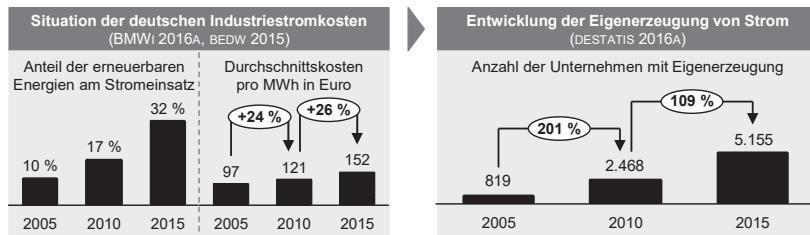


Abbildung 4: Entwicklung der Industriestromkosten sowie der Eigenerzeugung von Strom in der Industrie

Das Ergebnis der aktuellen Entwicklungen zeigt eine kontinuierliche Stromkostensteigerung für industrielle Verbraucher (BDEW 2015). Um den steigenden Kosten entgegenzuwirken sowie mögliche Versorgungsgespanne 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 & BORGREFE 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 Bruttonwertschöpfung (BMW1 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, AGEB 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.

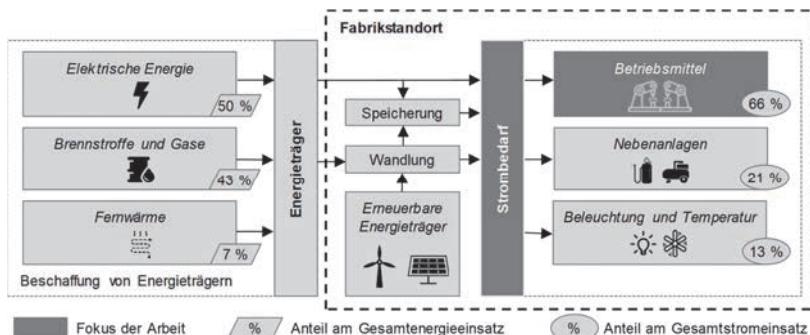


Abbildung 6: Beschaffung und Einsatz von elektrischer Energie in der metallverarbeitenden Industrie

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 *CO₂-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 vereint, 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 Fabriksystemen 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 CO₂-Ausstoßes zu realisieren. Hierzu ist mithilfe der Auftragsplanung ein *variables Lastmanagement* mit dem konventionellen Ablauf der Produktionsplanung zu vereinen.

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.

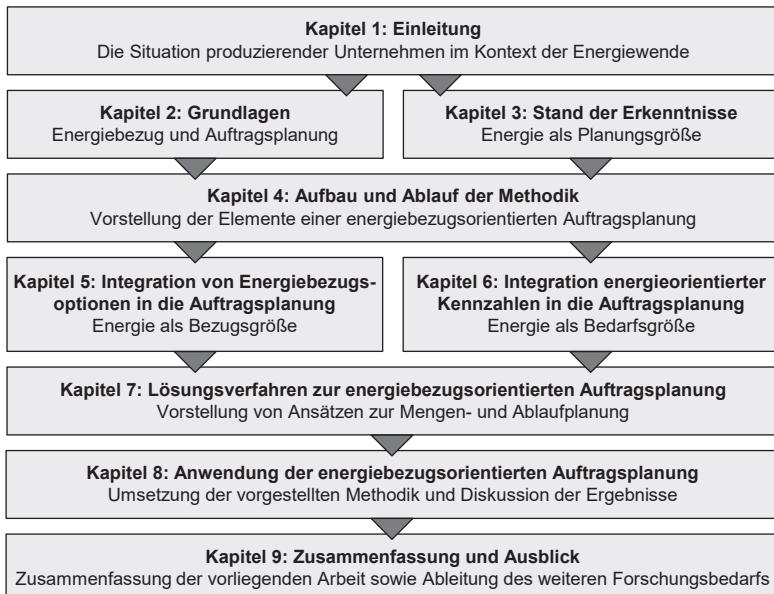


Abbildung 7: Aufbau der vorliegenden Arbeit

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

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

- 47 **Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation**
131 Seiten - ISBN 3-89675-047-X
- 48 **Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen**
106 Seiten - ISBN 3-89675-048-8
- 49 **Rapid Prototyping - Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung**
150 Seiten - ISBN 3-89675-049-6
- 50 **Rapid Manufacturing - Methoden für die reaktionsfähige Produktion**
121 Seiten - ISBN 3-89675-050-X
- 51 **Flexibles Kleben und Dichten - Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle**
137 Seiten - ISBN 3-89675-051-8
- 52 **Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserenien**
124 Seiten - ISBN 3-89675-052-6
- 53 **Mischverbindungen - Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung**
107 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 54 **Virtuelle Produktion - Integrierte Prozess- und Produktsimulation**
133 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 55 **e-Business in der Produktion - Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele**
150 Seiten - ISBN 3-89675-055-0
- 56 **Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug**
150 Seiten - ISBN 3-89675-056-9
- 57 **Virtuelle Produktion - Datenintegration und Benutzerschnittstellen**
150 Seiten - ISBN 3-89675-057-7
- 58 **Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien**
169 Seiten - ISBN 3-89675-058-7
- 59 **Automatisierte Mikromontage - Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik**
114 Seiten - ISBN 3-89675-059-3
- 60 **Mechatronische Produktionsysteme - Genauigkeit gezielt entwickeln**
131 Seiten - ISBN 3-89675-060-7
- 61 **Nicht erscheinen - wird nicht erscheinen**
- 62 **Rapid Technologien - Anspruch - Realität - Technologien**
100 Seiten - ISBN 3-89675-062-3
- 63 **Fabrikplanung 2002 - Visionen - Umsetzung - Werkzeuge**
124 Seiten - ISBN 3-89675-063-1
- 64 **Mischverbindungen - Einsatz und Innovationspotenzial**
143 Seiten - ISBN 3-89675-064-X
- 65 **Fabrikplanung 2003 - Basis für Wachstum - Erfahrungen Werkzeuge Visionen**
136 Seiten - ISBN 3-89675-065-8
- 66 **Mit Rapid Technologien zum Aufschwung - Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder**
185 Seiten - ISBN 3-89675-066-6
- 67 **Mechatronische Produktionsysteme - Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvergehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder**
148 Seiten - ISBN 3-89675-067-4
- 68 **Virtuelle Produktion - Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik**
139 Seiten - ISBN 3-89675-068-2
- 69 **Kooperationsmanagement in der Produktion - Visionen und Methoden zur Kooperation - Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation - Kooperation entlang der Wertschöpfungskette**
134 Seiten - ISBN 3-89675-069-0
- 70 **Mechatronik - Strukturodynamik von Werkzeugmaschinen**
161 Seiten - ISBN 3-89675-070-4
- 71 **Klebtechnik - Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten**
ISBN 3-89675-071-2 - vergriffen
- 72 **Fabrikplanung 2004 Erfolgsfaktor im Wettbewerb - Erfahrungen - Werkzeuge - Visionen**
ISBN 3-89675-072-0 - vergriffen
- 73 **Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion - Erwartungen - Erfahrungen - Entwicklungen**
179 Seiten - ISBN 3-89675-073-9
- 74 **Virtuelle Produktionssystemplanung - Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik**
133 Seiten - ISBN 3-89675-074-7
- 75 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 76 **Berührungslose Handhabung - Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle**
95 Seiten - ISBN 3-89675-076-3
- 77 **ERP-Systeme - Einführung in die betriebliche Praxis - Erfahrungen, Best Practices, Visionen**
153 Seiten - ISBN 3-89675-077-7
- 78 **Mechatronik - Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen**
155 Seiten - ISBN 3-89675-078-X
- 79 **Produktionsmanagement**
267 Seiten - ISBN 3-89675-079-8
- 80 **Rapid Manufacturing - Fertigungsverfahren für alle Ansprüche**
154 Seiten - ISBN 3-89675-080-1
- 81 **Rapid Manufacturing - Heutige Trends – Zukünftige Anwendungsfelder**
172 Seiten - ISBN 3-89675-081-X
- 82 **Produktionsmanagement - Herausforderung Variantenmanagement**
100 Seiten - ISBN 3-89675-082-8
- 83 **Mechatronik - Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen**
160 Seiten - ISBN 3-89675-083-6
- 84 **Virtuelle Inbetriebnahme - Von der Kür zur Pflicht?**
104 Seiten - ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 **3D-Erfahrungsförum - 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 Simulationsystem für das Strahlschmelzen
270 Seiten · ISBN 978-3-89675-099-0
- 100 Additive Fertigung: Innovative Lösungen zur Steigerung der Bauteilqualität bei additiven Fertigungsverfahren
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-4114-7
- 101 Mechatronische Simulation in der industriellen Anwendung
91 Seiten · ISBN 978-3-8316-4149-9
- 102 Wissensmanagement in produzierenden Unternehmen
ISBN 978-3-8316-4169-7
- 103 Additive Fertigung: Bauteil- und Prozessauslegung für die wirtschaftliche Fertigung
ISBN 978-3-8316-4188-8
- 104 Ressourceneffizienz in der Lebensmittelkette
ISBN 978-3-8316-4192-5
- 105 Werkzeugmaschinen: Leichter schwer zerspanen! - Herausforderungen und Lösungen für die Zerspanung von Hochleistungswerkstoffen
120 Seiten · ISBN 978-3-8316-4217-5
- 106 Batterieproduktion - Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher
108 Seiten · ISBN 978-3-8316-4221-2
- 107 Batterieproduktion - Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-4249-6

Forschungsberichte IWB 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 Industrierobotern
1986 - 77 Abb. - 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 Summer, H.: Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen
1986 - 74 Abb. - 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 Simon, W.: Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen
1986 - 141 Abb. - 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 Büchs, S.: Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung
1986 - 74 Abb. - 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 Hunzinger, 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 Leitungssätze
1988 - 112 Abb. - 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 Bürstner, H.: Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion
1988 - 74 Abb. - 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 Groha, A.: Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme
1988 - 86 Abb. - 164 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 modularer 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 Fertigung automatisierung
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 Eibelshäuser, P.: Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung
1990 - 79 Abb. - 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 Prasch, J.: Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie
1990 - 113 Abb. - 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 Teich, K.: Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der Produktion
1990 - 52 Abb. - 158 Seiten - ISBN 3-540-52764-8
- 29 Pfrang, W.: Rechnergestützte und graphische Planung manueller und teilautomatisierter Arbeitsplätze
1990 - 59 Abb. - 153 Seiten - ISBN 3-540-52829-6
- 30 Tauber, A.: Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente der Montageplanung
1990 - 93 Abb. - 190 Seiten - ISBN 3-540-52911-X
- 31 Jäger, A.: Systematische Planung komplexer Produktionssysteme
1991 - 75 Abb. - 148 Seiten - ISBN 3-540-53021-5
- 32 Hartberger, H.: Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme
1991 - 58 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-53326-5
- 33 Tuzcek, H.: Inspektion von Karosseriepreßteilen auf Risse und Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung
1992 - 125 Abb. - 179 Seiten - ISBN 3-540-53965-4
- 34 Fischbacher, J.: Planungsstrategien zur störungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungssystemen
1991 - 60 Abb. - 166 Seiten - ISBN 3-540-54027-X
- 35 Moser, O.: 3D-Echtzeitkollisionschutz 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 Hößmann, J.: Methodik zur Planung der automatischen Montage von nicht formstabilen Bauteilen
1992 - 73 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-5520-0
- 44 Petry, M.: Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmabaukastens für robotergeführte Klebefprozesse
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 3-540-55378-0
- 47 Gebauer, L.: Prozeßuntersuchungen zur automatisierten Montage von optischen Linsen
1992 - 84 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-55378-9
- 48 Schrüfer, N.: Erstellung eines 3D-Simulationssystems zur Reduzierung von Rüstzeiten bei der NC-Bearbeitung
1992 - 103 Abb. - 161 Seiten - ISBN 3-540-55431-9
- 49 Wissbacher, J.: Methoden zur rationalen 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 Zustandesregelung 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. - 135 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 Strohmayer, R.: Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von Zubringeeinrichtungen
1993 - 80 Abb. - 152 Seiten - ISBN 3-540-56652-X
- 61 Glas, J.: Standardisierte Aufbau anwendungsspezifischer Zellenrechnersoftware
1993 - 80 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3.540-56890-5
- 62 Stetter, R.: Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur Effizienzsteigerung des Industrieroboterreinrates
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 Kummelsteiner, G.: 3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur Planung manueller Montagesysteme
1994 - 62 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-57535-9
- 67 Kugelman, F.: Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen Automatisierung von Produktionssystemen
1993 - 76 Abb. - 144 Seiten - ISBN 3-540-57549-9
- 68 Schwarz, H.: Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik
1994 - 96 Abb. - 148 Seiten - ISBN 3-540-57577-4
- 69 Viethen, U.: Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen
1994 - 70 Abb. - 142 Seiten - ISBN 3-540-57794-7
- 70 Seehuber, M.: Automatische Inbetriebnahme geschwindigkeitsadaptiver Zustandsregler
1994 - 72 Abb. - 155 Seiten - ISBN 3-540-57896-X
- 71 Armann, W.: Eine Simulationsumgebung für Planung und Betrieb von Produktionssystemen
1994 - 71 Abb. - 129 Seiten - ISBN 3-540-57924-9
- 72 Schöpf, M.: Rechnergestütztes Projektinformations- und Koordinationsystem 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 Zettmayer, H.: Verfahren zur simulationsgestützten Produktionseinstellung in der Einzel- und Kleinserienproduktion
1994 - 62 Abb. - 143 Seiten - ISBN 3-540-58134-0

- 75 Lindl, M.: Auftragsleittechnik für Konstruktion und Arbeitsplanung
1994 - 66 Abb. - 147 Seiten - ISBN 3-540-58221-5
- 76 Zipper, B.: Das integrierte Betriebsmittelwesen - Baustein einer flexiblen Fertigung
1994 - 64 Abb. - 147 Seiten - ISBN 3-540-58222-3
- 77 Raitt, 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 Produktionsystemen 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 Zwaner, N.: Technologisches Prozeßmodell für die Kugelschleifbearbeitung
1995 - 65 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-58634-2
- 81 Romanov, 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 Materialflussteuerungen
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 Produktionsysteme
1995 - 62 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-59084-6
- 90 Deutsche, U.: Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung in mittelständischen Unternehmen
1995 - 80 Abb. - 188 Seiten - ISBN 3-540-59337-3
- 91 Dieterle, A.: Recyclingintegrierte Produktentwicklung
1995 - 68 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-60120-1
- 92 Hechl, Chr.: Personalorientierte Montageplanung für 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-Konturfolgesensoren
1996 - 101 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-60961-X
- 95 Fichtmüller, N.: Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme
1996 - 83 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3-540-60960-1
- 96 Trucks, V.: Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen
1996 - 64 Abb. - 141 Seiten - ISBN 3-540-60599-8
- 97 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 da 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 Pischelsrieder, K.: Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion
1996 - 74 Abb. - 171 Seiten - ISBN 3-540-61714-0
- 103 Köhler, R.: Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen variantenreichen Kleinprodukten
1997 - 62 Abb. - 177 Seiten - ISBN 3-540-62024-9
- 104 Feldmann, Ch.: Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung
1997 - 71 Abb. - 163 Seiten - ISBN 3-540-62059-1
- 105 Lehmann, H.: Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystem
1997 - 96 Abb. - 191 Seiten - ISBN 3-540-62202-0
- 106 Wagner, M.: Steuerungsintegrierte Fehlerbehandlung für maschinennahre 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 Kröner, U.: Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitssuche 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 Arbeitsystemgestaltung
1997 - 85 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-64195-5
- 113 Martin, C.: Produktionsregelung - ein modularer, modellbasierter Ansatz
1998 - 73 Abb. - 162 Seiten - ISBN 3-540-64401-6
- 114 Löffler, Th.: Akustische Überwachung automatisierter Fügeprozesse
1998 - 85 Abb. - 136 Seiten - ISBN 3-540-64511-X
- 115 Lindermairer, R.: Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen
1998 - 84 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-64686-8
- 116 Koehler, J.: Prozeßorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit Großserienfertigung
1998 - 75 Abb. - 185 Seiten - ISBN 3-540-65037-7
- 117 Schuller, R. W.: Leitfaden zum automatisierten Auftrag von hochviskosen Dichtmaschen
1999 - 76 Abb. - 162 Seiten - ISBN 3-540-65320-1
- 118 Debusch, M.: Integrierte Methodik und Werkzeuge zur herstellungsoorientierten 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 **Pfob, E.:** Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
1999 - 69 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-65525-5
- 121 **Spitznagel, J.:** Erfahrungsgleitete Planung von Laseranlagen
1999 - 63 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-65896-3

Forschungsberichte IWB ab Band 122

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

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

- 122 **Burghard Schneider:** Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht
formstabiler Bauteile
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-559-9
- 123 **Bernd Goldstein:** Modellgestützte Geschäftsprozeßgestaltung in der
Produktentwicklung
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-546-9
- 124 **Helmut E. Mößner:** Methode zur simulationsbasierten Regelung
zeitvarianter Produktionsysteme
164 Seiten - ISBN 978-3-89675-585-8
- 125 **Ralf-Gunter Gräser:** Ein Verfahren zur Kompensation
temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern
167 Seiten - ISBN 978-3-89675-603-9
- 126 **Hans-Jürgen Trossin:** Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur
Modellbildung in der Produktionstechnik
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-614-5
- 127 **Doris Kugelman:** Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von
Industrierobotern
168 Seiten - ISBN 978-3-89675-615-2
- 128 **Rolf Diesch:** Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von
Fertigungszellen
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-618-3
- 129 **Werner E. Lulay:** Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur
Konstruktion teilautonomer Produktionsstrukturen
190 Seiten - ISBN 978-3-89675-620-6
- 130 **Otto Murr:** Adaptive Planung und Steuerung von integrierten
Entwicklungs- und Planungsprozessen
178 Seiten - ISBN 978-3-89675-636-7
- 131 **Michael Machi:** Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid
Prototyping
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-638-1
- 132 **Bruno H. Mehler:** Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen
Partnerverbünden
152 Seiten - ISBN 978-3-89675-645-9
- 133 **Knut Heitmann:** Sichere Prognosen für die Produktionsoptimierung
mittels stochastischer Modelle
146 Seiten - ISBN 978-3-89675-675-6
- 134 **Stefan Blessing:** Gestaltung der Materialflußsteuerung in
dynamischen Produktionsstrukturen
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-690-9
- 135 **Can Abay:** Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger
Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriereramik
159 Seiten - ISBN 978-3-89675-697-8
- 136 **Stefan Brandner:** Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement
in virtuellen Fabriken
172 Seiten - ISBN 978-3-89675-715-9
- 137 **Arnd G. Hirschberg:** Verbindung der Produkt- und
Funktionsorientierung in der Fertigung
165 Seiten - ISBN 978-3-89675-729-6
- 138 **Alexandra Reek:** Strategien zur Fokuspositionierung beim
Laserstrahlschweißen
193 Seiten - ISBN 978-3-89675-730-2
- 139 **Khalid-Alexander Sabbah:** Methodische Entwicklung
störungstoleranter Steuerungen
148 Seiten - ISBN 978-3-89675-739-5
- 140 **Klaus U. Schlippenbacher:** Konfiguration virtueller
Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen
Kompetenznetzwerken
187 Seiten - ISBN 978-3-89675-754-8
- 141 **Andreas Sprengel:** Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die
Werkzeugmaschinenentwicklung
144 Seiten - ISBN 978-3-89675-757-9
- 142 **Andreas Gallasch:** Informationstechnische Architektur zur
Unterstützung des Wandels in der Produktion
150 Seiten - ISBN 978-3-89675-781-4
- 143 **Ralf Cuiper:** Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung
von automatisierten Montagevorgängen
174 Seiten - ISBN 978-3-89675-783-8
- 144 **Christian Schneider:** Strukturmechanische Berechnungen in der
Werkzeugmaschinenkonstruktion
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-789-0
- 145 **Christian Jonas:** Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten
Planung von Montageanlagen
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-870-5
- 146 **Ulrich Willnecker:** Gestaltung und Planung leistungsorientierter
manueller Fließmontagen
194 Seiten - ISBN 978-3-89675-891-0
- 147 **Christof Lehrer:** Beschreibung des Nd:YAG-
Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss
205 Seiten - ISBN 978-3-8316-0004-5
- 148 **Frank Rick:** Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess
am Beispiel Laserstrahlschweißen
145 Seiten - ISBN 978-3-8316-0008-3
- 149 **Michael Höhn:** Sensorgeführt Montage hybrider Mikrosysteme
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0012-0

- 150 *Jörn Böhl*: Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-0020-5
- 151 *Robert Bürgel*: Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben
185 Seiten · ISBN 978-3-8316-0212-2
- 152 *Stephan Dürschmidt*: Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion
194 Seiten · ISBN 978-3-8316-0023-6
- 153 *Bernhard Eich*: Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung
136 Seiten · ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 *Wolfgang Ruderer*: Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
207 Seiten · ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 *Hans Meier*: Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe
166 Seiten · ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 *Gerhard Nowak*: Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 *Martin Werner*: Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
191 Seiten · ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 *Bernhard Lenz*: Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlenschweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung
162 Seiten · ISBN 978-3-8316-0094-6
- 159 *Stefan Grunwald*: Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung
216 Seiten · ISBN 978-3-8316-0095-3
- 160 *Josef Gartner*: Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen
165 Seiten · ISBN 978-3-8316-0096-0
- 161 *Wolfgang Zeller*: Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0100-4
- 162 *Michael Loferer*: Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
178 Seiten · ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 *Jörg Fährer*: Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
176 Seiten · ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 *Jürgen Höppner*: Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsfreier Schallwandler
144 Seiten · ISBN 978-3-8316-0125-7
- 165 *Hubert Götte*: Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
258 Seiten · ISBN 978-3-8316-0126-4
- 166 *Martin Weissenberger*: Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-0138-7
- 167 *Dirk Jacob*: Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0142-4
- 168 *Ulrich Roßgoderer*: System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
175 Seiten · ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 *Robert Klingel*: Anzielverfahren für hochfeste Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen
164 Seiten · ISBN 978-3-8316-0174-5
- 170 *Paul lens Peter Ross*: Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung
144 Seiten · ISBN 978-3-8316-0191-2
- 171 *Stefan von Praun*: Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-0202-5
- 172 *Florian von der Hagen*: Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-0208-7
- 173 *Oliver Kramer*: Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe
212 Seiten · ISBN 978-3-8316-0211-7
- 174 *Winfried Dohmen*: Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0214-8
- 175 *Oliver Anton*: Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsentier Montagesysteme
158 Seiten · ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 *Wolfgang Broser*: Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 *Frank Breitinger*: Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Drucken
156 Seiten · ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 *Johann von Pieverling*: Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
163 Seiten · ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 *Thomas Baudisch*: Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 *Heinrich Schieferstein*: Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
132 Seiten · ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 *Joachim Berkak*: Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungsystmen
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 *Christian Meierhofer*: Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
181 Seiten · ISBN 978-3-8316-0292-6
- 183 *Volker Weber*: Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzorientierten Unternehmensnetzwerken
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-0330-5
- 184 *Thomas Bongardt*: Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
170 Seiten · ISBN 978-3-8316-0332-9
- 185 *Tim Angerer*: Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0336-7
- 186 *Alexander Krüger*: Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
197 Seiten · ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 *Matthias Meinrl*: Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing
236 Seiten · ISBN 978-3-8316-0465-4
- 188 *Thomas Fusch*: Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-0467-8
- 189 *Thomas Mosandl*: Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme
182 Seiten · ISBN 978-3-8316-0471-5
- 190 *Christian Patron*: Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0474-6
- 191 *Robert Cisek*: Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionsystemen
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0475-3

- 192 *Florian Auer*: Methode zur Simulation des Laserstrahlenschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
160 Seiten · ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 *Carsten Selke*: Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
137 Seiten · ISBN 978-3-8316-0495-1
- 194 *Markus Seefried*: Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
216 Seiten · ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 *Wolfgang Wagner*: Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostenenkung bei marktnaher Produktion
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 *Christopher Ulrich*: Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 *Johann Härtl*: Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
148 Seiten · ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 *Bernd Hartmann*: Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 *Michael Schilp*: Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0631-3
- 200 *Florian Manfred Grätz*: Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0643-6
- 201 *Dieter Eireiner*: Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
214 Seiten · ISBN 978-3-8316-0650-4
- 202 *Gerhard Volkwein*: Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 *Sven Rooren*: Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 *Henning Rudolf*: Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 *Stella Clarke-Griebisch*: Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 *Michael Ehrensträßer*: Sensorsreinsatz in der telepräsenten Mikromontage
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 *Rainer Schack*: Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 *Wolfgang Sudhoff*: Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
300 Seiten · ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 *Stefan Müller*: Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 *Ulrich Kohler*: Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
246 Seiten · ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 *Klaus Schlickerrieder*: Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile
204 Seiten · ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 *Niklas Möller*: Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionsysteme
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 *Daniel Siedl*: Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrbewegungen
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 Wünsch*: Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme
238 Seiten · ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 *Thomas Oerli*: Strukturmechanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben
194 Seiten · ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 *Bernd Petzold*: Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsente Mikromontage
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 *Locas Papadakis*: Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains
260 Seiten · ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 *Mathias Mörtl*: Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 *Sebastian Weig*: Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 *Tobias Hornfeck*: Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 *Hans Egermeier*: Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 *Matthäus Sigl*: Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlsinterns
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 *Mark Hartensteller*: Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets
198 Seiten · ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 *Jochen Werner*: Methode zur roboterbasierten förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 *Florian Hagemann*: Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 *Haitham Rashidy*: Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 *Wolfgang Vogl*: Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern
248 Seiten · ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 *Sonja Schedl*: Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess
176 Seiten · ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 *Andreas Trautmann*: Bifocal Hybrid Laser Welding - A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels
314 Seiten · ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 *Patrick Neise*: Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 *Christian Habicht*: Einsatz und Auslegung zeitfensterbasierter Planungssysteme in überbetrieblichen Wertschöpfungsketten
204 Seiten · ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 *Michael Spitzweg*: Methoden und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen
180 Seiten · ISBN 978-3-8316-0931-4

- 234 *Ulrich Munzert*: Bahnplanungsalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahlschweißen
176 Seiten · ISBN 978-3-8316-0948-2
- 235 *Georg Völlner*: Röhrengeschweißen mit Schwerlast-Industrierobotern
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-0955-0
- 236 *Nils Müller*: Modell für die Beherrschung und Reduktion von Nachfrageschwankungen
286 Seiten · ISBN 978-3-8316-0992-5
- 237 *Franz Decker*: Unternehmensspezifische Strukturierung der Produktion als permanente Aufgabe
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*: Modularer Vibrationswendelförderer zur flexiblen Teilezuführung
190 Seiten · ISBN 978-3-8316-4027-0
- 241 *Andreas Ersch*: Konzept eines immersiven Assistenzsystems mit Augmented Reality zur Unterstützung manueller Aktivitäten in radioaktiven Produktionsumgebungen
226 Seiten · ISBN 978-3-8316-4029-4
- 242 *Florian Schwarz*: Simulation der Wechselwirkungen zwischen Prozess und Struktur bei der Drehbearbeitung
282 Seiten · ISBN 978-3-8316-4030-0
- 243 *Martin Georg Prasch*: Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die varianterneiche Serienmontage
261 Seiten · ISBN 978-3-8316-4031-1
- 244 *Johannes Schipf*: Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-4063-8
- 245 *Stefan Lutzmann*: Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahl schmelzens
242 Seiten · ISBN 978-3-8316-4070-6
- 246 *Gregor Branner*: Modellierung transienter Effekte in der Struktursimulation von Schichtbauerfahrten
230 Seiten · ISBN 978-3-8316-4071-3
- 247 *Josef Ludwig Zimmermann*: Eine Methodik zur Gestaltung berührungsloser arbeitender Handhabungssysteme
186 Seiten · ISBN 978-3-8316-4091-1
- 248 *Clemens Pörnbacher*: Modellgetriebene Entwicklung der Steuerungssoftware automatisierter Fertigungssysteme
280 Seiten · ISBN 978-3-8316-4108-6
- 249 *Alexander Lindworsky*: Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungs begleitenden Steuerungstest
294 Seiten · ISBN 978-3-8316-4125-3
- 250 *Michael Mauderer*: Ein Beitrag zur Planung und Entwicklung von rekonfigurierbaren mechatronischen Systemen – am Beispiel von starren Fertigungssystemen
148 Seiten · ISBN 978-3-8316-4126-0
- 251 *Roland Mork*: Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserie teilen in Presswerkten auf Basis Neuronaler Netze
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4127-7
- 252 *Florian Reichl*: Methode zum Management der Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-4128-4
- 253 *Paul Gebhard*: Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Röhrengeschweißen
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4129-1
- 254 *Michael Heinz*: Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgrefsysteme für die Mikrosystemtechnik
302 Seiten · ISBN 978-3-8316-4147-5
- 255 *Pascal Krebs*: Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-4156-7
- 256 *Gerhard Straßer*: Greiftechnologie für die automatisierte Handhabung von technischen Textilien in der Faserverbundfertigung
290 Seiten · ISBN 978-3-8316-4161-1
- 257 *Frédéric-Felix Lacur*: Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen
222 Seiten · ISBN 978-3-8316-4162-8
- 258 *Thomas 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 Radj*: Workspace scaling and haptic feedback for industrial telepresence and teleaction systems with heavy-duty teleoperators
172 Seiten · ISBN 978-3-8316-4195-6
- 262 *Markus Rührstorfer*: Röhrengeschweißen von Rohren
206 Seiten · ISBN 978-3-8316-4197-0
- 263 *Rüdiger Daub*: Erhöhung der Nahttiefe beim Laserstrahl-Wärmeleitungsschweißen von Stählen
182 Seiten · ISBN 978-3-8316-4199-4
- 264 *Michael Ott*: Multimaterialverarbeitung bei der additiven strahl- und pulverbettbasierte Fertigung
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4201-4
- 265 *Martin Ostgathe*: System zur produktbasierten Steuerung von Abläufen in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
278 Seiten · ISBN 978-3-8316-4206-9
- 266 *Imke Nora Kellner*: Materialsysteme für das pulverbettbasierte 3D-Drucken
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-4223-6
- 267 *Florian Oefele*: Remote-Laserstrahlschweißen mit brillanten Laserstrahlquellen
238 Seiten · ISBN 978-3-8316-4224-3
- 268 *Claudia Anna Ehinger*: Automatisierte Montage von Faserverbund-Vorformlingen
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-4233-5
- 269 *Tobias Zeilinger*: Laserbasierte Bauteilellagebestimmung bei der Montage optischer Mikrokomponenten
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4234-2
- 270 *Stefan Krug*: Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce)
208 Seiten · ISBN 978-3-8316-4243-4
- 271 *Marc Lotz*: Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit beim Schwinggrad-Reibschweißen durch modellbasierte Regelungsverfahren
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 *William Brice Tekouo Moutchivo*: A New Programming Approach for Robot-based Flexible Inspection systems
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 Henauer*: Entwicklungsbegleitende Prognose der mechatronischen Eigenschaften von Werkzeugmaschinen
214 Seiten · ISBN 978-3-8316-4306-6

- 277 *Alexander Götzfried*: Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4310-3
- 278 *Saskia Reinhardt*: Bewertung der Ressourceneffizienz in der Fertigung
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4317-2
- 279 *Fabian J. Meling*: Methodik für die Rekombination von Anlagentechnik
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-4319-6
- 280 *Jörg Egbers*: Identifikation und Adaption von Arbeitsplätzen für leistungsgewandelte Mitarbeiter entlang des Montageplanungsprozesses
192 Seiten · ISBN 978-3-8316-4328-8
- 281 *Max von Bredow*: Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und des Risikos unternehmensübergreifender Wertschöpfungskonfigurationen in der Automobilindustrie
204 Seiten · ISBN 978-3-8316-4337-0
- 282 *Tobias Philipp*: RFID-gestützte Produktionssteuerungsverfahren für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen
142 Seiten · ISBN 978-3-8316-4346-2
- 283 *Stefan Rainer Johann Brauneuther*: Untersuchungen zur Lasersicherheit für Materialbearbeitungsanwendungen mit brillanten Laserstrahlquellen
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4348-6
- 284 *Johannes Pohl*: Adaption von Produktionsstrukturen unter Berücksichtigung von Lebenszyklen
202 Seiten · ISBN 978-3-8316-4358-5
- 285 *Matthey Wiesbeck*: Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerfahrung
194 Seiten · ISBN 978-3-8316-4369-1
- 286 *Sonja Huber*: In-situ-Legierungsbestimmung beim Laserstrahlschweißen
206 Seiten · ISBN 978-3-8316-4370-7
- 287 *Robert Wiedemann*: Prozessmodell und Systemtechnik für das laserunterstützte Fräsen
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4384-4
- 288 *Thomas Irenhauser*: Bewertung der Wirtschaftlichkeit von RFID im Wertschöpfungsnetz
242 Seiten · ISBN 978-3-8316-4404-9
- 289 *Jens Hatwig*: Automatisierte Bahnanplanung für Industrieroboter und Scanneroptiken bei der Remote-Laserstrahlbearbeitung
196 Seiten · ISBN 978-3-8316-4405-6
- 290 *Matthias Baur*: Aktives Dämpfungssystem zur Ratterunterdrückung an spanenden Werkzeugmaschinen
210 Seiten · ISBN 978-3-8316-4408-7
- 291 *Alexander Schöber*: Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktursimulation
198 Seiten · ISBN 978-3-8316-4415-5
- 292 *Matthias Glonegger*: Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen
214 Seiten · ISBN 978-3-8316-4419-3
- 293 *Markus Kahnert*: Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahl schmelzen (EBSM)
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 *Sebastian Schindler*: Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion
220 Seiten · ISBN 978-3-8316-4443-6
- 295 *Tobias Föcker*: Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärtens
128 Seiten · ISBN 978-3-8316-4448-3
- 296 *Rüdiger Spiller*: Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion
286 Seiten · ISBN 978-3-8316-4450-6
- 297 *Daniel Schmid*: Röhrebschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen für die Automobilindustrie
300 Seiten · ISBN 978-3-8316-4452-0
- 298 *Florian Karl*: Bedarfsermittlung und Planung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln
222 Seiten · ISBN 978-3-8316-4458-2
- 299 *Philipp Ronald Engelhardt*: System für die RFID-gestützte situationsbasierte Produktionssteuerung in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
246 Seiten · ISBN 978-3-8316-4472-8
- 300 *Markus Graßl*: Bewertung der Energieflexibilität in der Produktion
202 Seiten · ISBN 978-3-8316-4476-6
- 301 *Thomas Kirchmeier*: Methode zur Anwendung der berührungslosen Handhabung mittels Ultraschall im automatisierten Montageprozess
196 Seiten · ISBN 978-3-8316-4478-0
- 302 *Oliver 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 Musol*: Remote-Laserstrahl-Abtragschneiden
168 Seiten · ISBN 978-3-8316-4523-7
- 308 *Emin Genc*: Frühwarnsystem für ein adaptives Störungsmanagement
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-4525-1
- 309 *Mirko Langhorst*: Beherrschung von Schweißverzug und Schweißspannungen
252 Seiten · ISBN 978-3-8316-4524-2
- 310 *Markus Schweier*: Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahloszillation
284 Seiten · ISBN 978-3-8316-4536-7
- 311 *Florian Geiger*: System zur wissensbasierten Maschinenlegungsplanung auf Basis produktsspezifischer Auftragsdaten
224 Seiten · ISBN 978-3-8316-4537-4
- 312 *Peter Schnellbach*: Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendungen unter Berücksichtigung von Zielgrößen
Ganzheitlicher Produktionsysteme
236 Seiten · ISBN 978-3-8316-4540-4
- 313 *Stefan Schwarz*: Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen
244 Seiten · ISBN 978-3-8316-4542-8
- 314 *Markus Pröpster*: Methodik zur kurzfristigen Austaktung varianteureicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugbaus
238 Seiten · ISBN 978-3-8316-4547-3
- 315 *Dominik David Simon*: Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum Umformen und Spannen von Kunststoff scheiben und -schalen
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-4548-0
- 316 *Stefan Maurer*: Frühauflärung kritischer Situationen in Versorgungsprozessen
242 Seiten · ISBN 978-3-8316-4554-1

- 317 *Tobias Maier*: Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
274 Seiten · ISBN 978-3-8316-4561-9
- 318 *Klemens Konrad Niehues*: Identifikation linearer Dämpfungsmodelle für Werkzeugmaschinenstrukturen
286 Seiten · ISBN 978-3-8316-4568-8
- 319 *Julian Christoph Sebastian Backhaus*: Adaptierbares aufgabenorientiertes Programmiersystem für Montagesysteme
264 Seiten · ISBN 978-3-8316-4570-1
- 320 *Sabine G. Zitzlsberger*: Flexibles Werkzeug zur Umformung von Polycarbonatplatten unter besonderer Beachtung der optischen Qualität
228 Seiten · ISBN 978-3-8316-4573-2
- 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*: Agile Engineering im Maschinen- und Anlagenbau
284 Seiten · ISBN 978-3-8316-4598-5
- 324 *Markus Wiedemann*: Methodik zur auslastungsorientierten Angebotssternierung für hochvariantere Produkte mit kundenindividuellen Leistungsanteilen
216 Seiten · ISBN 978-3-8316-4599-2
- 325 *Harald Krauss*: Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen durch schichtweise thermografische In-Process-Überwachung
304 Seiten · ISBN 978-3-8316-4628-9
- 326 *Stefan Krotli*: 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 Rührreibschweißens 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-Laserstrahl trennen von kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff
232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4662-3
- 331 *Andreas Fabian Hees*: System zur Produktionsplanung für rekonfigurierbare Produktionsysteme
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 Ungänzen 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 Beltzki*: Rechnergestützte Minimierung des Verzugs laserstrahlgeschweißter Bauteile
234 Seiten · ISBN 978-3-8316-4254-0
- 337 *Georg Albin Josef Götz*: Methode zur Steigerung der Formatflexibilität 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 Theodossiadis*: Thermal Joining based on Reactive Multilayered Nanofolts
110 Seiten · ISBN 978-3-8316-4747-7
- 341 *Fabian Karl Keller*: Methodik zur energiebezugsorientierten Auftragsplanung
218 Seiten · ISBN 978-3-8316-4761-3