

Michael Richard Niehues

**Adaptive Produktionssteuerung für
Werkstattfertigungssysteme durch
fertigungsbegleitende Reihenfolgebildung**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 329

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2016

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 · 2017

ISBN 978-3-8316-4650-0

Printed in Germany
Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
------------------------------	------------

Verzeichnis der Formelzeichen	XI
--------------------------------------	-----------

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Motivation	1
1.2	Thematische Einordnung	3
1.2.1	Werkstattfertigung	3
1.2.2	Produktionsplanung und -steuerung	5
1.2.3	Systeme der PPS	9
1.2.4	Betriebsdaten und deren Erfassung	11
1.3	Problemstellung	12
1.4	Zielsetzung	15
1.4.1	Ziel der Arbeit	15
1.4.2	Spezifizierung des Untersuchungsbereichs	16
1.5	Aufbau der Arbeit	17
2	Stand der Technik	19
2.1	Ansätze zur Verbesserung der Werkstattsteuerung	19
2.1.1	Ansätze der Produktionsregelung	19
2.1.2	Sonstige Ansätze	27
2.1.3	Fazit	28
2.2	Optimierung der Maschinenbelegung	31
2.2.1	Job Shop Scheduling Problem	31
2.2.2	Lösungsalgorithmen	36
2.2.3	Dynamisches Scheduling	46
2.2.4	Fazit	46
2.3	Steuerungsrelevante Problemfelder der Werkstattfertigung	47
2.3.1	Störungsidentifikation und -management	48
2.3.2	Bewertung von Produktionsplanalternativen	54
2.3.3	Ansätze zur Verbesserung der Datenerfassung	60
2.4	Ableitung des Handlungsbedarfs	63
3	Rahmenbedingungen für das System zur Werkstattsteuerung	65
3.1	Anforderungen	65
3.2	Annahmen	66

4	Systemübersicht	69
4.1	Ansatz der fertigungsbegleitenden Reihenfolgebildung . . .	69
4.1.1	Grundprinzip	69
4.1.2	Reduktion der Modellkomplexität	70
4.2	Systemkomponenten und Aufbau des Reglers	73
4.3	Zielsystem	75
4.3.1	Zielgrößennormierung durch Kostenbetrachtung . .	75
4.3.2	Diskussion der reihenfolgeabhängigen Kostenbestandteile	76
4.3.3	Zielfunktion zur Kostenbewertung	88
4.3.4	Ermittlung der Kostensätze	88
4.4	Datenmodell	89
5	Störungsmanagement	91
5.1	Identifikationsbezogene Störungsklassifizierung	91
5.1.1	Ansatz	91
5.1.2	Störungsklassen	91
5.1.3	Störungsidentifikation	95
5.2	Gültigkeitswiederherstellung und Störungsbewertung . . .	98
5.2.1	Wiederherstellung der Gültigkeit des Ablaufplans .	98
5.2.2	Störungsbewertung	100
5.3	Strategien zur Störungsbehandlung	102
5.3.1	Maßnahmen zur Störungsbehandlung	102
5.3.2	Maßnahmenkaskaden	106
5.3.3	Gesamtablauf des Störungsmanagements	111
6	Algorithmus zur Reihenfolgeoptimierung	113
6.1	Allgemeines	113
6.2	Repräsentation des Ablaufplans	115
6.2.1	Variablendefinition	115
6.2.2	Auftragsreihenfolgematrix	115
6.2.3	Generierung einer Ausgangslösung (Kodierung) . . .	116
6.2.4	Berechnung des Ablaufplans (Scheduling)	117
6.3	Operatoren	118
6.3.1	Sequencing	118
6.3.2	Fitnessfunktion	123
6.3.3	Selektion	124
6.3.4	Abbruchkriterium	125
6.4	Randbedingungen	125
7	Ortungsbasierte echtzeitnahe Datenerfassung	127
7.1	Ortungstechnologien	127
7.2	Zusammenhang zwischen Ort und Zustand	127
7.2.1	Ansatz der Bewegungslogiken	127

7.2.2	Gliederung der Werkstatt	129
7.2.3	Definition des Ortungsobjektes	132
7.2.4	Ableitung des Auftragsstatus	132
7.2.5	Ableitung des Ressourcenstatus	134
7.2.6	Maßnahmen zur exakten Flächenzuordnung	134
7.3	Modellierung	136
7.3.1	Modellierung der Werkstatt	136
7.3.2	Modellierung der Bewegungslogiken	137
7.3.3	Modellierung baulicher Restriktionen	138
7.3.4	Erweiterung des Datenmodells	138
7.4	Ablauf der ortungsbasierten Datenerfassung	139
7.5	Korrektur und Ergänzung von Informationen	139
7.5.1	Erweiterung um BDE/MDE	141
7.5.2	Ergänzung manuell zu erfassender Daten	142
8	Technische Umsetzung und Bewertung	143
8.1	Softwareprototyp zur Reihenfolgeoptimierung	143
8.1.1	Allgemeines	143
8.1.2	Initialisierung	144
8.1.3	Generationenwechsel	145
8.1.4	Parameterbestimmung	145
8.1.5	Ergebnisse	146
8.1.6	Untersuchung zur Planstabilität	147
8.1.7	Kritische Betrachtung	147
8.2	Simulationstechnisches Anwendungsbeispiel	148
8.2.1	Beschreibung des Anwendungsbeispiels	149
8.2.2	Datenbasis der Simulation	150
8.2.3	Prämissen	151
8.2.4	Aufbau des Simulationsmodells	153
8.2.5	Modellvalidierung	154
8.2.6	Simulationsszenarien und Kennzahlen	155
8.2.7	Ergebnisse	157
8.2.8	Kritische Betrachtung	158
8.3	Realisierung der ortungsbasierten Datenerfassung	159
8.3.1	Demonstrationsszenario	160
8.3.2	Prototypische Umsetzung	161
8.3.3	Ergebnis und kritische Betrachtung	162
8.4	Technisch-wirtschaftliche Bewertung	163
8.4.1	Technische Bewertung	163
8.4.2	Beispielhafte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	165
9	Zusammenfassung und Ausblick	169
	Literaturverzeichnis	171

A	Studie zur Werkstattfertigung in Deutschland	225
A.1	Allgemeines	225
A.2	Randbedingungen der Studie	225
A.3	Ergebnisse der Studie	226
A.4	Fragebogen	236
B	Ergänzende Ausführungen zur Reihenfolgeoptimierung	243
B.1	Erzeugung ungültiger Lösungen	243
B.2	Auswirkungen der Reparaturfunktion	244
B.3	Steuerung der lokalen Suche	245
C	Versuchsdaten zur Umsetzung	247
C.1	Versuchsläufe zur Reihenfolgeoptimierung	247
C.1.1	Faktorbestimmung	247
C.1.2	Vollfaktorielle Versuchspläne	247
C.1.3	Ermittlung der Faktoreffekte	263
C.1.4	Versuch zum Vergleich von Faktoreffektkombinationen	274
C.2	Simulationstechnisches Anwendungsbeispiel	275
C.3	Ortungsbasierte Datenerfassung	277
D	Verzeichnis betreuter Studienarbeiten	279

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Die industrielle Produktion hat für den Wirtschaftsstandort Deutschland eine hohe Bedeutung (vgl. ABELE & REINHART 2011, S. 6ff.). Neben Großunternehmen begründet sich diese unter anderem durch einen stark von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) geprägten Maschinen- und Anlagenbau (vgl. ABELE ET AL. 2009; VDMA 2012, S. 6). Letzterer zeichnet sich u. a. durch variantenreiche Produkte und eine hohe Fertigungstiefe aus (vgl. PIELCZYK 1996, S. 77).

Produzierende Unternehmen unterliegen zwei Megatrends: Globalisierung und Dynamisierung der Produktlebenszyklen. Neben Chancen in Form neuer Absatzmärkte wirkt sich die Globalisierung durch einen gestiegenen Wettbewerb aus, der die Unternehmen gleichzeitig unter einen hohen Kostendruck setzt (vgl. ZÄH ET AL. 2005; ABELE & REINHART 2011, S. 11f.). Die Dynamisierung der Produktlebenszyklen (vgl. ABELE & REINHART 2011, S. 15f.) führt dagegen zu einer Verkürzung der Zeiträume zwischen zwei Produktgenerationen und somit zu einem Sinken der Stückzahlen pro Produkt. Gleichzeitig erhöht sich die Variantenvielfalt der Produkte (vgl. FELDMANN & SLAMA 2001). Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen die Unternehmen ihr Produktangebot schnell an die Marktbedürfnisse anpassen und gleichzeitig kostengünstig und in hoher Qualität produzieren (vgl. MEHRABI ET AL. 2002; ZÄH ET AL. 2005).

Für die Produktion hochindividueller Produkte, z. B. im Maschinen- und Anlagenbau, sind Produktionssysteme erforderlich, in denen eine Vielzahl verschiedener Fertigungsverfahren in unterschiedlichen Abfolgen flexibel eingesetzt werden können (FELDMANN & SLAMA 2001; SCHOLZ-REITER & FREITAG 2007). Diesen Anforderungen werden Werkstattfertigungssysteme derzeit am besten gerecht (THEBUD 2007, S. 46f.). Die Bedeutung der Werkstattfertigung wird durch WIDMAIER (2000, S. 39), LETMATHE (2002, S. 76ff.) sowie eine im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studie mit 125 kundenindividuell produzierenden Unternehmen bestätigt (s. Anhang A). 41,6% der befragten Unternehmen haben ihre Fertigung ganz oder teilweise nach dem Werkstattprinzip strukturiert, wobei der Anteil mit steigender Individualität der Produkte zunimmt.

In Bezug auf den zunehmenden Kostendruck ist eine wirtschaftliche Fertigung von großer Wichtigkeit (vgl. SCHUH & STICH 2013, S. 23). Zudem wird aus Kundensicht zunehmend eine hohe Liefertermintreue bei kurzer Lieferzeit

als Differenzierungsmerkmal am Markt wahrgenommen (vgl. MÜNZBERG & NYHUIS 2009; SCHUH & STICH 2013, S. 13). So haben sich z. B. im Maschinen- und Anlagenbau die geforderten Lieferzeiten wesentlich verkürzt (BRIEL 2009, S. 271ff.) bei gleichzeitig gestiegener Varianz in den Fertigungsprozessen (vgl. SCHUH & STICH 2013, S. 13).

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurden in der Vergangenheit Konzepte zur Vereinfachung des Fertigungsablaufs, Integration und Flussorientierung, z. B. durch Methoden wie Just-in-Time, Gruppentechnologie oder Einzelstückfluss, in vielen Fällen verfolgt und umgesetzt (NEWMAN & MAFFEI 1999; vgl. auch DEUSE ET AL. 2007). Gleichwohl existiert ein großes Aufgabenfeld, dessen Komplexität nach wie vor den Einsatz der als ineffizient geltenden Werkstattfertigung erfordert (NEWMAN & MAFFEI 1999). Letzteres ist insbesondere durch die hohen Durchlaufzeiten und Bestände und der daraus resultierenden geringen Termintreue begründet (vgl. VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 80) und wird durch die durchgeführte Studie (vgl. Abb. A.6 im Anhang) bestätigt. Somit ist die Leistungsfähigkeit der Werkstattfertigung konträr zu den kundenseitigen Anforderungen hinsichtlich Lieferzeit und -treue.

Zur Verringerung der Diskrepanz zwischen benötigter Fertigungsflexibilität auf der einen Seite und geforderter Termintreue bei kurzen Lieferterminen und niedrigen Kosten auf der anderen Seite bietet das nach KOBLASA & VAVRUŠKA (2013) häufig unterschätzte Feld der Produktionsplanung und -steuerung (PPS) ein hohes Potenzial. Die steigende Durchdringung der Fertigung mit modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) erhöht die Datenverfügbarkeit und Transparenz (vgl. FLEISCH ET AL. 2005, S. 3; MÄRTENS ET AL. 2007; SCHUH ET AL. 2007), so dass sich zur Erschließung des Potenzials die Entwicklung neuer Ansätze und Verfahren zur PPS sowie eine verstärkte IT-Unterstützung in der Produktion anbieten (vgl. SCHUTTEN 1998; ABELE & REINHART 2011, S. 132; SCHUH & STICH 2013, S. 32).

Um zum einen ein allgemeines Verständnis zu schaffen und zum anderen die Ursachen der niedrigen Leistungsfähigkeit der Werkstattfertigung, verglichen mit anderen Organisationstypen¹ und in Bezug auf die PPS, näher zu beleuchten, erfolgt im folgenden Abschnitt eine thematische Einordnung. Dabei werden die wichtigsten Grundlagen zur Werkstattfertigung und PPS im Allgemeinen sowie spezielle Ausprägungen der PPS für Werkstattumgebungen dargestellt. Im Anschluss erfolgt die Konkretisierung der Problemstellung (Abschnitt 1.3) und Zielsetzung (Abschnitt 1.4) dieser Arbeit.

¹ Der Organisationstyp, auch Organisationsprinzip genannt, fasst nach WIENDAHL (2010, S. 29) die räumliche Anordnung der Betriebsmittel, die Art des Auftragsdurchlaufs durch die Fertigung sowie die Einbindung des Menschen zusammen.

1.2 Thematische Einordnung

1.2.1 Werkstattfertigung

Neben der Fließfertigung ist die Werkstattfertigung der am häufigsten vorkommende Organisationstyp in der industriellen Praxis (WIENDAHL 2010, S. 32). Die Werkstattfertigung ist nach dem Verrichtungsprinzip organisiert, d. h. gleichartige Betriebsmittel werden hinsichtlich Anordnung, Verantwortung und Kostenrechnung zusammengefasst (FANDEL ET AL. 2011, S. 19). Jeder Auftrag wird entsprechend der in seinem Arbeitsplan definierten technologischen Reihenfolge² zur Bearbeitung in die jeweiligen Werkstätten transportiert (GÜNTHER & TEMPELMEIER 2005, S. 14). Die Fließfertigung stellt den dazu konträren Organisationstyp dar, bei der die Betriebsmittel nach der technologischen Abfolge im Arbeitsplan der Erzeugnisse angeordnet sind (WIENDAHL 2010, S. 30f.). Dementsprechend sind Layouts der Werkstattfertigung typischerweise prozessbezogen angeordnet, während in der Fließfertigung produktbezogene Layouts vorherrschen (VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 79; s. Abb. 1.1).

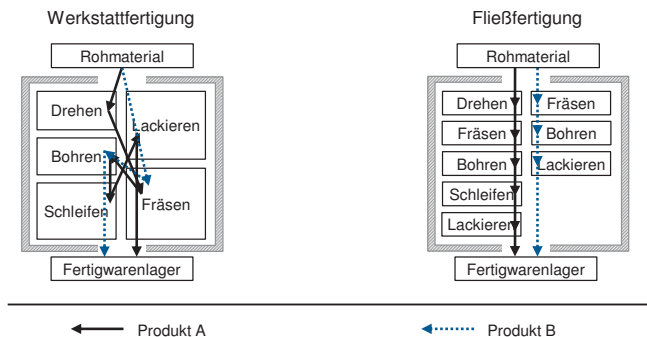


Abb. 1.1: Schematische Gegenüberstellung von Werkstatt- und Fließfertigung (in Anlehnung an REINHART ET AL. 2012)

Die Organisation nach dem Verrichtungsprinzip ermöglicht es, Werkstücke mit unterschiedlichen Fertigungsfolgen auf den gleichen Maschinen zu fertigen.³ Das führt zu einem ungerichteten, stark vernetzten Materialfluss mit entsprechend hoher Komplexität (vgl. GÜNTHER & TEMPELMEIER 2005, S. 14;

² Die technologische Folge, auch technologische Vorschrift (vgl. BIERWIRTH 1993, S. 9), Maschinen- (vgl. ZÄPPEL & BRAUNE 2005, S. 5f.), Arbeitsgang- (vgl. RIXEN 1997, S. 10) oder Prozessfolge genannt, bezeichnet die Anordnung der Arbeitsgänge eines Auftrags aufgrund technologischer Vorgaben (CORSTEN & GÖSSINGER 2012, S. 537).

³ Qualitative Flexibilität (vgl. LASCH & JANKER 2013, S. 93).

STOSIK 2005, S. 4f.). Weiterhin besteht eine hohe Flexibilität hinsichtlich kurzfristiger Änderungen im Produktionsablauf sowie in der Auftragsgröße.⁴ Die Anpassungsfähigkeit gegenüber Änderungen, Kundenwünschen und Produktumstellungen ist hoch (vgl. MOROFF 1992, S. 212; JODLBAUER 2008, S. 10; VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 80; BORNHÄUSER 2009, S. 16). Für weitere Ausführungen sei auf die Arbeit von KRÄMER (1968) verwiesen, in der eine umfassende Betrachtung des Werkstattprinzips erfolgt.

Aufgrund des heterogenen Produktspektrums variieren die Bearbeitungszeiten und Materialflüsse sehr stark (KINGSMAN ET AL. 1989), was eine Vielzahl an Koordinations- und Planungsaufgaben nach sich zieht (vgl. KIENER ET AL. 2012, S. 64f.). Des Weiteren bestehen bei Produktionsstart oft noch Lücken im vorgesehenen Fertigungsablauf durch unvollständige technische Unterlagen wie Zeichnungen, Stücklisten oder Arbeitspläne (GRONAU 2014, S. 129). Ein weiterer Nachteil ist die hohe Transportintensität aufgrund der räumlichen Trennung der einzelnen Werkstätten (KIENER ET AL. 2012, S. 65). Die häufig schubweisen Arbeits- und Transportvorgänge lassen sich zudem aus verschiedenen Gründen nicht exakt aufeinander abstimmen, was dazu führt, dass die Aufträge häufig auf ihren Transport oder ihre Bearbeitung warten müssen (GÜNTHER & TEMPELMEIER 2005, S. 14; FANDEL ET AL. 2011, S. 19). Auch hohe Umrüstzeiten steigern die Komplexität sowie die Schwankungen im Produktionsablauf erheblich (vgl. VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 80). Unvorhergesehene Störungen und Abweichungen vom geplanten Auftragsdurchlauf sind somit stetige Begleiterscheinungen (WELLER 2002, S. 19f.; vgl. auch ROSE 1989, S. 4). Die Auswirkungen aller zuvor genannten Unregelmäßigkeiten werden durch hohe Zwischenbestände abgedämpft, sodass eine gute Auslastung der Maschinen gesichert wird (vgl. KIENER ET AL. 2012, S. 266f.). Nachteilig wirken sich die Umlaufbestände durch hohes gebundenes Umlaufvermögen (vgl. VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 80) sowie hohe Auftragsdurchlaufzeiten (vgl. EVERSHEIM 1989, S. 26) aus. Ein Praxisbeispiel von WIENDAHL (2010, S. 31) weist einen Anteil der Rüst- und Bearbeitungszeiten an der Durchlaufzeit von 10 % auf, während der Anteil der aus Beständen resultierenden Liegezeit 85 % beträgt (vgl. auch BAUER ET AL. 1991, S. 3; PAWELLEK 2007, S. 33; ZHOU ET AL. 2008). Auch wenn die Nachteile der längeren Durchlaufzeiten durch einen in der Regel geringeren Fixkostenanteil sowie kleinerer Auftragslosgrößen relativiert wird (vgl. MOROFF 1992, S. 212), haben diese aufgrund der Kundenanforderung nach kurzen Lieferzeiten dennoch einen hohen negativen Einfluss auf die Logistikleistung der Werkstattfertigung.

Das Einsatzgebiet der Werkstattfertigung ist die variantenreiche Produktion für Einzel-, Kleinserien- oder Serienfertigung (vgl. LASCH & JANKER 2013, S. 93 sowie Abschnitt 1.1). Sie wird dort eingesetzt, wo aufgrund wechselnder,

⁴ Quantitative Flexibilität (vgl. LASCH & JANKER 2013, S. 93; FANDEL ET AL. 2011, S. 19f.).

stark variierender Produkte mit unterschiedlichen Arbeitsfolgen und kleinen Losgrößen eine Produktionslinie nach dem Fließprinzip nicht wirtschaftlich ist (VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 80; MOROFF 1992, S. 212).

1.2.2 Produktionsplanung und -steuerung

1.2.2.1 Aufgaben und Ziele

Die Koordination von Produktionsprozessen erfolgt durch die Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Deren Kernaufgabe ist die „*Koordination der konkurrierenden Aufträge unter Beachtung des untergeordneten produktionswirtschaftlichen Zielsystems*“ (VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 196). VDI ET AL. (1983, S. 167) definieren die Produktionsplanung als „*systematisches Suchen und Festlegen von Zielen für die Produktion, Vorbereitung von Produktionsaufgaben und Festlegung des Ablaufes zum Erreichen dieser Ziele.*“. Abgrenzend dazu ist die Produktionssteuerung definiert als „*Veranlassen, Überwachen und Sichern der Durchführung von Produktionsaufgaben hinsichtlich Bedarf (Menge und Termin), Qualität und Kosten und Arbeitsbedingungen.*“ (VDI ET AL. 1983, S. 167). Letztere wird auch als *Fertigungssteuerung* (vgl. VDI 1983, S. 138) oder *Werkstattsteuerung* (vgl. REFA 1985, S. 329ff.) bezeichnet, wenn Bezug auf die Fertigung genommen wird. Die Produktionsplanung gestaltet somit die Produktionsprozesse vor deren Ausführung auf der Dispositionsebene, wohingegen die Produktionssteuerung während der Ausführung verändernd auf die Produktionsprozesse einwirkt (vgl. CORSTEN & GÖSSINGER 2012, S. 576).

Das Ziel der Produktionssteuerung ist die weitestmögliche Realisierung der Planung, auch bei unvermeidlichen Änderungen von Auftragsmengen und -terminen, Störungen (z. B. Maschinenausfälle), Lieferverzügen und Ausschuss (WIENDAHL 1997, S. 12). Die zugehörigen Maßnahmen unterscheidet REFA (1985, S. 419) in Änderungen der vorgegebenen Planung (z. B. durch Neubestimmung der Auftragsfolge⁵) und Eingriff in den Fertigungsablauf. Dies kann zyklisch oder simultan zum Betriebsablauf stattfinden (VDI ET AL. 1983, S. 138). Störungen aufgrund unvorhersehbarer Ereignisse, die ein akzeptierbares Ausmaß übersteigen (vgl. CORSTEN & GÖSSINGER 1997, S. 3ff.; GÜNTHER & TEMPELMEIER 2005, S. 227; WIENDAHL 2010, S. 251f.), sowie unvollständige Informationen über Detailspekte des Produktionsprozesses, die erst während der Ausführung entschieden werden, erfordern nach CORSTEN & GÖSSINGER (2012, S. 576) eine eigenständige Produktionssteuerung, „*die erst während*

⁵ Auftragsfolge bzw. organisatorische Folge bezeichnet die zeitliche Folge mehrerer Aufträge auf einer Maschine (CORSTEN & GÖSSINGER 2012, S. 537). Im Kontext der Werkstattsteuerung wird die Maschinenfolge (s. Fußnote 2 auf S. 3) in der Regel als gegeben angenommen, während die Bildung der Auftragsfolge die Reihenfolgebildung als Stellhebel der PPS darstellt. In dieser Arbeit bezieht sich der Begriff Reihenfolge somit stets auf die Auftragsfolge, während ein Bezug auf die Maschinenfolge explizit benannt wird.

der Prozessausführung in die Gestaltung von Produktionsprozessen eingreift“ (SCHÜTTE ET AL. 1999, S. 144f.).

Die Aufgaben der PPS, von SCHOMBURG (1980, S. 18ff.) als *Funktionsgruppen* bezeichnet, sind durch das in Abb. 1.2 dargestellte Modell von SCHOMBURG (1980, S. 18) und HACKSTEIN (1989, S. 4f.) den Teilgebieten Planung und Steuerung zugeordnet.

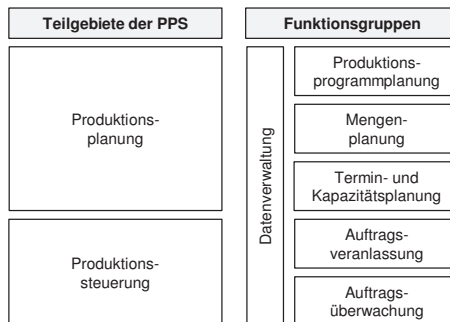


Abb. 1.2: Funktionen der Produktionsplanung und -steuerung (HACKSTEIN 1989, S. 5; in Anlehnung an SCHOMBURG 1980, S. 18)

Während in der Produktionsplanung mit den Aufgaben der Produktionsprogrammplanung, der Mengenplanung (auch Materialbedarfsplanung, vgl. HANSMANN 2006, S. 253) und Termin- und Kapazitätsplanung der Produktionsprozess hinsichtlich Programm, Mengen, Terminen, Kapazitäten und Bearbeitungsreihenfolgen festgelegt wird, tragen die Aufgaben der Auftragsveranlassung und -überwachung dem Durchsetzungsgedanken der Produktionssteuerung Rechnung (vgl. SCHOMBURG 1980, S. 17ff.). Eine Querschnittsaufgabe ist dabei die Datenverwaltung, der die Speicherung und Pflege der steuerungsrelevanten statischen (Stammdaten) und dynamischen (Bewegungsdaten) Daten obliegt (vgl. SCHUH & ROESGEN 2006, S. 71ff.).

Der Übergang zwischen Planung und Steuerung ist in der Literatur nicht eindeutig nach o. g. Aufgaben unterschieden, sondern „vollzieht sich [...] an der Stelle, an der Planvorgaben in Durchsetzungsaktivitäten übergehen“ (CORSTEN & GÖSSINGER 2012, S. 576). Dabei können einzelne Planungsaufgaben (z. B. Feinterminierung, Maschinenbelegung) auch der Produktionssteuerung zugeordnet sein (vgl. ZÄPFEL 2001, S. 60, HANSMANN 2006, S. 257ff.). Im Kontext dieser Arbeit ist der Zeitpunkt, ab dem ein Produktionsplan zur Produktion freigegeben wird, als Übergang zur Steuerung definiert.

Die Wirkzusammenhänge innerhalb der Produktionssteuerung bildet das Modell der Fertigungssteuerung von LÖDDING (2008, S. 5ff.; s. Abb. 1.3) ab, in

dem die Aufgaben Auftragsfreigabe, Kapazitätssteuerung und Reihenfolgebildung als Stellhebel zur Durchsetzung des Plans definiert sind. Auf Seite der Produktionsplanung steht dagegen die Auftragserzeugung als Festlegung von Planwerten für Zugang, Abgang und Reihenfolge (vgl. LÖDDING 2008, S. 7).

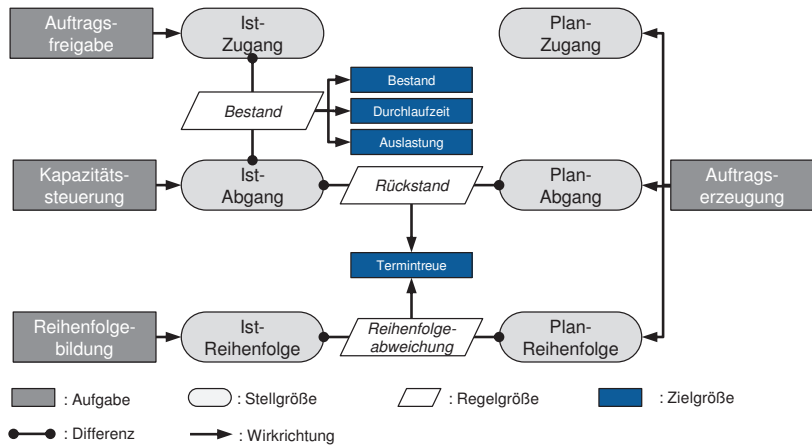


Abb. 1.3: Modell der Fertigungssteuerung (LÖDDING 2008, S. 7)

Die Zielgrößen der PPS *Bestand*, *Durchlaufzeit*, *Auslastung* und *Termintreue* zur Sicherstellung des Erreichens wirtschaftlicher und marktbezogener Anforderungen fasst WIENDAHL (2010, S. 252ff.) im Zielsystem der Produktionslogistik zusammen. Durch eine hohe interne Termintreue und kurze Auftragsdurchlaufzeiten können marktseitig kurze Lieferzeiten bei hoher Liefertreue erreicht werden. Auf Seite der Kosten sind geringe Prozesskosten durch eine hohe Maschinenauslastung sowie geringe Kapitalbindungskosten durch niedrige Bestände in der Fertigung zu erreichen. Da diese Ziele zum Teil widersprüchlich sind (*Dilemma der Ablaufplanung*, vgl. GUTENBERG 1955, S. 151ff. bzw. *Polylemma der Ablaufplanung*, vgl. HACKSTEIN 1989, S. 18), können die Zielgrößen nicht gleichermaßen gut erreicht werden (vgl. HACKSTEIN 1989, S. 17f.). Auftragsfertiger als Hauptanwender der Werkstattfertigung haben die Termintreue als oberstes Ziel (NYHUIS & WIENDAHL 2012, S. 4f.), für die sich auf Werkstattebene die Ersatzziele Lieferterminerfüllung, Minimierung der Wartezeiten sowie Minimierung der (reihenfolgeabhängigen) Rüstzeiten ableiten (VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 195). Dagegen tritt eine hohe Auslastung durch Minimierung der Maschinenstillstandszeiten eher in den Hintergrund (vgl. VAHRENKAMP & SIEPERMANN 2008, S. 196). Für die den Zielgrößen zugrundeliegenden Kennzahlen und deren Berechnungsformeln sei z. B. auf PAWELLEK (2007, S. 154ff.) verwiesen.

- 119 Bauer, L.: Strategien zur rechnergestützten Offline- Programmierung von 3D-Laseranlagen
1999 - 98 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3-540-65382-1
- 120 Pfoh, E.: Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
1999 - 69 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-65525-5
- 121 Spitznagel, J.: Erfahrungsgeleitete Planung von Laseranlagen
1999 - 63 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-65896-3

Forschungsberichte IWB ab Band 122

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

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

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

- 150 **Jörn Böhl:** Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0020-5
- 151 **Robert Bürgel:** Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0021-2
- 152 **Stephan Dürrschmidt:** Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0023-6
- 153 **Bernhard Eich:** Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung
136 Seiten - ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 **Wolfgang Rudarfer:** Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
207 Seiten - ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 **Hans Meier:** Verteilte kooperative Steuerung maschinenaher Abläufe
166 Seiten - ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 **Gerhard Nowak:** Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 **Martin Werner:** Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
191 Seiten - ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 **Bernhard Lenz:** Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung
162 Seiten - ISBN 978-3-8316-0094-6
- 159 **Stefan Grunwald:** Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0095-3
- 160 **Josef Gartner:** Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen
165 Seiten - ISBN 978-3-8316-0096-0
- 161 **Wolfgang Zeller:** Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0100-4
- 162 **Michael Loferer:** Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
178 Seiten - ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 **Jörg Führer:** Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 **Jürgen Höppner:** Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0125-7
- 165 **Hubert Götte:** Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
258 Seiten - ISBN 978-3-8316-0126-4
- 166 **Martin Weißenberger:** Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0138-7
- 167 **Dirk Jacob:** Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0142-4
- 168 **Ulrich Raßgoderer:** System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
175 Seiten - ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 **Robert Klingel:** Anziehfverfahren für hochfeste Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen
164 Seiten - ISBN 978-3-8316-0174-5
- 170 **Paul Jens Peter Ross:** Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0191-2
- 171 **Stefan von Praun:** Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0202-5
- 172 **Florian von der Hagen:** Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-0208-7
- 173 **Oliver Kramer:** Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-0211-7
- 174 **Winfried Dohmen:** Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0214-8
- 175 **Oliver Anton:** Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsenter Montagesysteme
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 **Welf Broser:** Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 **Frank Breitinge:** Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
156 Seiten - ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 **Johann von Pieveling:** Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
163 Seiten - ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 **Thomas Baudisch:** Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 **Heinrich Schieferstein:** Experimentelle Analyse des menschlichen Kaustems
132 Seiten - ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 **Joachim Berlak:** Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 **Christian Meierloh:** Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
181 Seiten - ISBN 978-3-8316-0292-6
- 183 **Volker Weber:** Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0330-5
- 184 **Thomas Bongardt:** Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
170 Seiten - ISBN 978-3-8316-0332-9
- 185 **Tim Angerer:** Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0336-7
- 186 **Alexander Krüger:** Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
197 Seiten - ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 **Matthias Meindl:** Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-0465-4
- 188 **Thomas Fusch:** Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0467-8
- 189 **Thomas Mosandl:** Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-0471-5
- 190 **Christian Patron:** Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0474-6
- 191 **Robert Cisek:** Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0475-3

- 192 **Florian Auer:** Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
160 Seiten - ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 **Carsten Selke:** Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
137 Seiten - ISBN 978-3-8316-0495-1
- 194 **Markus Seefried:** Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 **Wolfgang Wagner:** Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 **Christopher Ulrich:** Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 **Johann Härtl:** Prozessgasfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
148 Seiten - ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 **Bernd Hartmann:** Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 **Michael Schilp:** Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0631-3
- 200 **Florian Manfred Grätz:** Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0643-6
- 201 **Dieter Eireiner:** Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-0650-4
- 202 **Gerhard Volkwein:** Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0663-9
- 203 **Sven Roeren:** Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 **Henning Rudolf:** Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 **Stella Clarke-Griebisch:** Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 **Michael Ehrenstraber:** Sensoreinsatz in der telepräsen- ten Mikromontage
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 **Rainer Schack:** Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 **Wolfgang Sudhoff:** Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 **Stefan Müller:** Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 **Ulrich Kohler:** Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 **Klaus Schlickerrieder:** Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 **Niklas Müller:** Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 **Daniel Siedl:** Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrenbewegungen
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 **Dirk Ansorge:** Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 **Georg Würnsch:** Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 **Thomas Oertli:** Strukturmechanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 **Bernd Petzold:** Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsen- te Mikromontage
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 **Lucas Papadakis:** Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 **Mathias Mörtl:** Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 **Sebastian Weig:** Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 **Tobias Hornfeck:** Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 **Hans Egermeier:** Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 **Matthäus Sigi:** Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlstahns
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 **Mark Harfensteller:** Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 **Jochen Werner:** Methode zur roboterbasieren förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 **Florian Hagemann:** Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 **Haitham Rashidy:** Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 **Wolfgang Vogl:** Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern
248 Seiten - ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 **Sonja Schedl:** Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 **Andreas Trautmann:** Bifocal Hybrid Laser Welding - A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 **Patrick Neise:** Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 **Christian Habicht:** Einsatz und Auslegung zeitenfensterbasierter Planungssysteme in unterbetrieblichen Wertschöpfungsketten
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 **Michael Spitzweg:** Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0931-4

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

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

- 317 **Tobias Maier**: Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
274 Seiten - ISBN 978-3-8316-4561-9
- 318 **Klemens Konrad Niehues**: Identifikation linearer Dämpfungsmodelle für Werkzeugmaschinenstrukturen
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4568-8
- 319 **Julian Christoph Sebastian 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**: Agiles Engineering im Maschinen- und Anlagenbau
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4598-5
- 324 **Markus Wiedemann**: Methodik zur auslastungsorientierten Angebotsterminierung für hochvariante Produkte mit kundenindividuellen Leistungsanteilen
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4599-2
- 325 **Harald Kraus**: Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen durch schichtweise thermografische In-Process-Überwachung
304 Seiten - ISBN 978-3-8316-4628-9
- 326 **Stefan Krottil**: Online-Simulation von fluidischen Prozessen in der frühen Phase der Maschinen- und Anlagenentwicklung
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4636-4
- 327 **Andreas Roth**: Modellierung des Rührreißschweißens unter besonderer Berücksichtigung der Spalttoleranz
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4639-5
- 328 **Philipp Benjamin Michaeli**: Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien am Beispiel der Triebwerksindustrie
288 Seiten - ISBN 978-3-8316-4642-5
- 329 **Michael Richard Niehues**: Adaptive Produktionssteuerung für Werkstattfertigungssysteme durch fertigungsbegleitende Reihenfolgebildung
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-4650-0