

Florian Karl

**Bedarfsermittlung und Planung von
Rekonfigurationen an Betriebsmitteln**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 298

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

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2015

ISBN 978-3-8316-4458-2

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
Verzeichnis der Formelzeichen	XIII
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation.....	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Untersuchungsbereich	5
1.3.1 Definitionen und Begriffe.....	5
1.3.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereichs.....	10
1.4 Aufbau der Arbeit.....	10
2 Stand der Erkenntnisse	13
2.1 Betriebsmittelrelevante Arbeiten im Bereich Veränderungsfähigkeit	13
2.2 Ansätze zur Lebenszykluskostenrechnung.....	19
2.3 Weitere betriebsmittelrelevante Ansätze.....	21
2.4 Ableitung des Handlungsbedarfs.....	22
3 Grundlagen	25
3.1 Studie über Einflussfaktoren auf Betriebsmittel	25
3.2 Begründung der Methodenauswahl.....	27
3.3 Ausgewählte Werkzeuge zur Darstellung von Strukturen	31

3.3.1	Design-Struktur-Matrizen	31
3.3.2	Graphen	33
3.4	Ausgewählte Verfahren zur Unterstützung von Investitionsentscheidungen	34
3.4.1	Kapitalwertmethode	34
3.4.2	Multikriterielle Bewertungsverfahren	35
3.5	Ausgewählte Prognosemethoden	37
3.5.1	Qualitative Verfahren	37
3.5.2	Quantitative Verfahren	39
3.6	Entscheidungsfindung unter Unsicherheit	43
3.6.1	Risikoanalyse	43
3.6.2	Sensitivitätsanalyse	47
4	Anforderungen an die Methodik	49
4.1	Allgemeine Anforderungen	49
4.2	Spezielle Anforderungen	50
5	Entwickelte Modelle und Bewertungsvorgehen	53
5.1	Betriebsmittelanforderungs- und Betriebsmitteleigenschaftsmodell	53
5.2	Betriebsmittelstrukturmodell	62
5.3	Modell zur Darstellung von Rekonfigurationen	66
5.4	Bewertung der Rekonfigurationsfähigkeit	68
5.5	Bewertung von alternativen Rekonfigurationen	71
5.5.1	Strukturelle Betrachtung	71
5.5.2	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	72

6	Methodik zur Ermittlung und Planung von Betriebsmittelrekonfigurationen	77
6.1	Übersicht über die Methodik.....	77
6.2	Datenbasis.....	79
6.2.1	Betriebsmitteleigenschaftsmodell.....	79
6.2.2	Betriebsmittelstrukturmodell.....	80
6.2.3	Bewertung der Rekonfigurationsfähigkeit	80
6.3	Schritt 1: Darstellung der Anforderungen	80
6.3.1	Betriebsmittelanforderungsmodell	81
6.3.2	Prognose der Anforderungen.....	81
6.4	Schritt 2: Identifikation von Rekonfigurationsbedarfen.....	83
6.5	Schritt 3: Generierung von alternativen Rekonfigurationen	83
6.5.1	Identifikation direkt zu adaptierender Bauteile	84
6.5.2	Ermittlung alternativer Rekonfigurationen.....	85
6.6	Schritt 4: Auswahl der besten Alternativen.....	93
6.7	Anwendungsbereiche der Methodik.....	98
7	Umsetzung der Methodik	101
8	Anwendungsbeispiele	105
8.1	Industrielles Anwendungsbeispiel.....	105
8.2	Exemplarische Anwendung.....	106
8.2.1	Ausgangssituation und Beschreibung des Betriebsmittels..	106
8.2.2	Bedarfsermittlung und Planung der Rekonfiguration	108
9	Kritische Beurteilung der entwickelten Methodik.....	117

9.1	Abschätzung des Erfüllungsgrads der Anforderungen	117
9.2	Technisch-wirtschaftliche Bewertung der Methodik	119
9.3	Fazit	121
10	Zusammenfassung und Ausblick.....	123
11	Literaturverzeichnis	125
Anhang	151
A1	Verzeichnis betreuter Studienarbeiten	151
A2	Anforderungen an Betriebsmittel sowie Eigenschaften und Fähigkeiten	152
A3	Kennzahlen zur strukturellen Bewertung von Alternativen.....	171
A4	Kostengruppen zur betriebswirtschaftlichen Bewertung	173
A5	Kennzahl zur betriebswirtschaftlichen Alternativenbewertung	176
A6	Kennzahlen zur Bewertung der Rekonfigurationsfähigkeit.....	177
A7	Kennzahlen zur Bauteilbewertung (anhand Betriebsmittelstrukturmodell)	179
A8	Kennzahlen zur Bauteilbewertung (anhand Rekonfigurationsgraph)	180
A9	Kennzahlen zur Bauteilbewertung (betriebswirtschaftlich).....	181
A10	Daten zur exemplarischen Anwendung aus Abschnitt 8.1	182

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abnehmende Längen von Produktlebenszyklen am Beispiel des Kraftfahrzeugs „Golf“ der Volkswagen AG (in Anlehnung an FIEBIG 2010, SCHMIDT 2012, Bilder: Volkswagen AG).....	2
Abbildung 2:	Einflussfaktoren (in Anlehnung an WESTKÄMPER 2002).....	6
Abbildung 3:	Betriebsmittelrelevante Einflussfaktoren nach Anteil der Nennungen in [%] (vgl. Studie in Abschnitt 3.1)	7
Abbildung 4:	Abgrenzung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit (in Anlehnung an ZAEH ET AL. 2005).....	9
Abbildung 5:	Aufbau der vorliegenden Arbeit	11
Abbildung 6:	Beispielhafte binäre, statische Design-Struktur-Matrix (DSM)	32
Abbildung 7:	Darstellung unterschiedlicher Graphen (in Anlehnung an WERNERS 2006)	33
Abbildung 8:	Szenario-Trichter (in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. 1996).....	39
Abbildung 9:	Produkt-, Technologie- und Gebäudelebenszyklus (in Anlehnung an SCHENK & WIRTH 2004)	41
Abbildung 10:	Produktlebenszyklus (in Anlehnung an BRANKAMP 1996)	42
Abbildung 11:	Informationsstände der Entscheidungstheorie (in Anlehnung an WÖHE & DÖRING 2010, MÖLLER 2008)	43
Abbildung 12:	Dichtefunktion $F(X)$ einer beispielhaften Normalverteilung (μ_X : Erwartungswert, σ_X : Standardabweichung, x : Werte, die die Zufallsvariable X annehmen kann).....	45
Abbildung 13:	Beispielhaftes Fuzzy-Set mit Zugehörigkeitsfunktion (μ : Zugehörigkeitsfunktion) (KREBS 2012).....	46
Abbildung 14:	Abgrenzung von Einflussfaktoren und Anforderungen.....	53
Abbildung 15:	Ausschnitte aus einem beispielhaften Betriebsmittelanforderungs- bzw. einem Betriebsmitteleigenschaftsmodell	54

Abbildung 16: Abgrenzung Betriebsmittelanforderungs- und Betriebsmitteleigenschaftsmodell.....	55
Abbildung 17: Ausschnitt aus einem beispielhaften Betriebsmittelanforderungsmodell	61
Abbildung 18: Betriebsmittelstrukturmodell eines beispielhaften Betriebsmittels (1: geringer, 2: mittlerer, 3: hoher Aufwand zum Lösen und Wiederherstellen der Abhängigkeit).....	65
Abbildung 19: Grobe Struktur eines beispielhaften Rekonfigurationsgraphen.	67
Abbildung 20: Kreisschluss in Form sich wiederholender, identischer Bauteilfolgen.....	67
Abbildung 21: Beispielhafter Knoten im Rekonfigurationsgraph.....	68
Abbildung 22: Bewertungen im Rahmen dieser Arbeit.....	68
Abbildung 23: Komplexität (in Anlehnung an ULRICH & PROBST 2001)	69
Abbildung 24: Betriebswirtschaftliche Bewertung beispielhafter Alternativen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten.....	75
Abbildung 25: Überblick über die Methodik zur Bedarfsermittlung und Planung von Betriebsmittelrekonfigurationen.....	77
Abbildung 26: Ausschnitt eines beispielhaften Betriebsmitteleigenschaftsmodells	80
Abbildung 27: Ausschnitt eines beispielhaften Betriebsmittelanforderungsmodells zum Zeitpunkt T.....	81
Abbildung 28: Identifikation von Rekonfigurationsbedarfen durch Abgleich von Anforderungen und Eigenschaften	83
Abbildung 29: Nötige Adaptionen zur Handhabung eines breiteren Produkts .	84
Abbildung 30: Ablauf zur Generierung alternativer Rekonfigurationen.....	86
Abbildung 31: Rekonfigurationsalgorithmus	88
Abbildung 32: Vorgehen zur Auswahl der besten Alternative.....	93

Abbildung 33: Beispielhafte strukturelle und betriebswirtschaftliche Kennzahlen	94
Abbildung 34: Einbindung des Software-Werkzeugs in die Methodik (Icons: Microsoft® Corporation)	101
Abbildung 35: Montagezelle des Tischsets mit beispielhaft eingezeichneten Bauteilen (Bild: Festo Didactic GmbH & Co.KG®).....	107
Abbildung 36: Altes und neues Produkt der Montagezelle (Bild links: Festo Didactic GmbH & Co.KG®)	107
Abbildung 37: Ausschnitt des Betriebsmitteleigenschaftsmodells der Montagezelle.....	108
Abbildung 38: Ausschnitt des Betriebsmittelstrukturmodells der Montagezelle	109
Abbildung 39: Ausschnitt des Betriebsmittelanforderungsmodellmodells an die Montagezelle durch das neue Produkt	110
Abbildung 40: Direkt durch Produktneueinführung in Montagezelle zu adaptierende Bauteile.....	111
Abbildung 41: Unterschiedliche Rekonfigurationsalternativen.....	112
Abbildung 42: Rekonfigurationsgraphen der unterschiedlichen Alternativen	112
Abbildung 43: Adaptionlisten der Rekonfigurationsalternativen	113
Abbildung 44: Kapitalwerte der einzelnen Alternativen	114

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Betriebsmittelrelevante Forschungsarbeiten im Bereich Veränderungsfähigkeit.....	14
Tabelle 2:	Spezifizierte betriebsmittelrelevante Einflussfaktoren differenziert nach ihrer Relevanz (gemäß Studie)	26
Tabelle 3:	Einflussfaktoren differenziert nach ihrer Bedeutung für die strategische bzw. operative Fabrikplanung (gemäß Studie)	27
Tabelle 4:	Anforderungen an eine Methodik zur Planung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln	51
Tabelle 5:	Kriterien zur Beschreibung der Anforderungen sowie Eigenschaften eines Betriebsmittels (in Anlehnung an KARL ET AL. 2012B).....	59
Tabelle 6:	Kriterien zum Prüfen der Durchführbarkeit bzw. Integrierbarkeit von Adaptionen.....	89
Tabelle 7:	Beispielhafte Adaptionsliste	92
Tabelle 8:	Kennzahlen zur Beschreibung der Rekonfigurationsfähigkeit der Montagezelle.....	109
Tabelle 9:	Kennzahlen zur Auswahl der besten Alternative.....	115
Tabelle 10:	Beurteilung des Erfüllungsgrads bzgl. der gestellten Anforderungen	117
Tabelle 11:	Abschätzung des Aufwands zur Anwendung der Methodik anhand der exemplarischen Anwendung in Abschnitt 8.1 (PT: Personentag).....	120
Tabelle 12:	Im Rahmen dieser Dissertation betreute Studienarbeiten.....	151
Tabelle 13:	Der Alternativenbewertung zu Grunde gelegten Daten.....	183
Tabelle 14:	Adaptionsliste von Alternative 1	184
Tabelle 15:	Weitere unsichere Daten zur Bewertung der Alternativen	185

Tabelle 16: Deterministische Berechnung der gesamten
Rekonfigurationskosten (K_{Rekonfig}) von Alternative 1..... 185

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die deutsche Wirtschaftsleistung wird auch heute noch maßgeblich durch das verarbeitende Gewerbe getragen. So wurde im Jahr 2011 von über 7,1 Mio. Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in über 200.000 Unternehmen ein Umsatz von 1,96 Bio. € erwirtschaftet. Die Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten¹ entsprach dabei ca. 490 Mrd. € (STATISTISCHES BUNDESAMT 2013A). Obwohl von 1991 bis 2012 der prozentuale Anteil des produzierenden Gewerbes am Bruttoinlandsprodukt von 30,2 % auf 26,0 % abnahm, stieg der absolute Betrag des Bruttoinlandsproduktes um 67,4 %. Inflationbereinigt betrug die genannte Steigerung 7,5 % (STATISTISCHES BUNDESAMT 2013B und C).

Das für die deutsche Wirtschaftsleistung somit elementare produzierende Gewerbe steht vor großen Herausforderungen, da dessen Umfeld einer steigenden Dynamik unterliegt (ABELE ET AL. 2006B). Die wachsende Globalisierung sowie die Sättigung der Märkte erhöhen den Wettbewerbsdruck auf Unternehmen. Diese müssen hohe Kundenanforderungen erfüllen, gleichzeitig aber auch Effizienzsteigerungen in den Produktionsprozessen bewältigen (WIENDAHL ET AL. 2003, REINHART & ZÄH 2003). Dem begegnen sie mit Innovationen, insbesondere in Hochlohnländern wie Deutschland (ABELE & REINHART 2011, ZÄH ET AL. 2010B, HERRMANN 2010, SCHUH 2010, JANORSCHKE & PRITZEL 2009). Durch Produkt- und Prozessinnovationen können nämlich Wettbewerbsvorteile erzielt und ausgebaut werden (SCHUMPETER 1939, ASCHHOFF ET AL. 2007, SPATH ET AL. 2003).

Unternehmen müssen immer häufiger pro Zeiteinheit innovieren, da auf Grund des Innovationsdrucks Neuerungen in immer kürzer werdenden Abständen auf den Markt gebracht werden (EVERSHEIM ET AL. 2002, MÜLLER ET AL. 2011). Dies resultiert bspw. in sich verkürzenden Produktlebenszyklen (ABELE ET AL. 2006A, SPATH ET AL. 2001), wie in Abbildung 1 beispielhaft an den Lebenszyklen eines Automobils dargestellt ist. Ebenfalls bei Produktionstechnologiezyklen führt der Innovationsdruck zu sich verkürzenden Zykluslängen (WAGNER 2006, NYHUIS ET AL. 2010).

¹ Die Bruttowertschöpfung zu Faktorkosten ergibt sich aus der „Bruttowertschöpfung minus sonstige indirekte Steuern abzüglich Subventionen“ (STATISTISCHES BUNDESAMT 2007, S. 3).

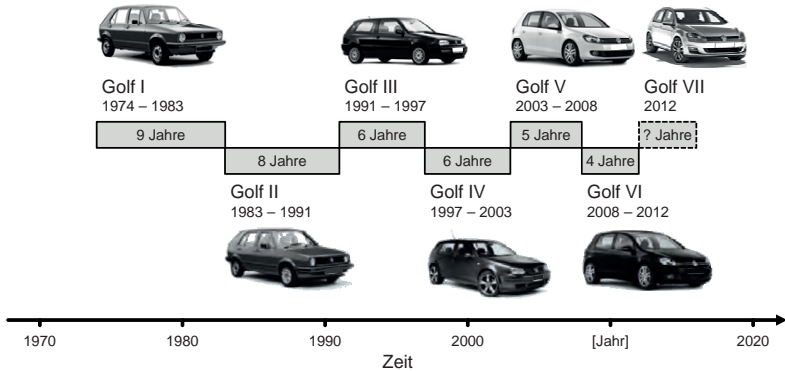


Abbildung 1: Abnehmende Längen von Produktlebenszyklen am Beispiel des Kraftfahrzeugs „Golf“ der Volkswagen AG (in Anlehnung an FIEBIG 2010, SCHMIDT 2012, Bilder: Volkswagen AG)

Ferner nimmt durch die Dynamik die Prognosegenauigkeit für notwendige Anpassungen ab (REINHART ET AL. 2009B, JANORSCHKE & PRITZEL 2009). Für Unternehmen verkürzen sich somit die Zeiten reagieren zu können, weshalb sie sich immer schneller anpassen müssen (BLEICHER 2004, KOHLER 2008).

Darüber hinaus steigen durch den Wechsel vom Anbieter- zum Käufermarkt die Anforderungen der Kunden an die Individualität von Produkten (PICOT ET AL. 2003, DU ET AL. 2006, ELMARAGHY ET AL. 2009). Dem begegnen Unternehmen mit einer steigenden Variantenvielfalt (ABELE & REINHART 2011). Die Volkswagen AG bspw. fertigte im Jahr 1974 lediglich ein Derivat des Kraftfahrzeugs „Golf“. Im Jahr 2010 waren es bereits zehn (FIEBIG 2010). Daher werden immer mehr Produkte, die in Produktionssystemen² hergestellt werden, in immer kürzer werdenden Abständen auf den Markt gebracht. Produktionssystemen fällt im Innovationsprozess somit eine signifikante Rolle zu und sie sind aus den genannten Gründen immer häufiger anzupassen (JANORSCHKE & PRITZEL 2009).

Technische Anpassungsprozesse des Produktionssystems sind in der Regel sehr zeitintensiv, wobei ein hoher Zeitdruck besteht (KIEFER 2007). Daher laufen sie hektisch ab und sind fehleranfällig (KIEFER 2007). In der industriellen Praxis ist zu beobachten, dass bei der Anpassung von Produktionsanlagen, die ein zentraler

² Produktionssysteme beinhalten alle Konzepte, Methoden und Werkzeuge, die den gesamten Produktionsablauf darstellen (SCHUH & GIERTH 2006).

Bestandteil von Produktionssystemen sind, häufig unvorhergesehene Schwierigkeiten auftreten, da sie nicht systematisch bzw. methodisch unterstützt ablaufen. Sind bspw. Bestandteile von Anlagen anzupassen, die in der Planung zuvor nicht berücksichtigt wurden, stehen benötigte Ressourcen nicht zur Verfügung. Dies führt zu Verzögerungen und somit zu Kostensteigerungen.

Produktionsanlagen stellen darüber hinaus hohe Investitionswerte dar (KIEFER 2007, WEISMANN 2008). Für den Aufbau eines neuen Karosseriebaus zur Herstellung eines neuen Fahrzeugmodells sind dreistellige Millionenbeträge zu bezahlen, wobei die Kosten für Produktionsanlagen stetig steigen (SPIECKERMANN ET AL. 2000, NEBL 2006). Trotz ihres hohen Werts werden Produktionsanlagen oftmals nicht an neue Anforderungen angepasst, sondern ausgetauscht, um die notwendigen Veränderungen umzusetzen (vgl. Studie von KARL ET AL. 2012A).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Produktionsanlagen auf Grund der steigenden Dynamik im Unternehmensumfeld zunehmend häufiger und schneller an neue Anforderungen anzupassen sind. Heutzutage werden sie jedoch oftmals nicht angepasst, sondern ausgetauscht, da potenzielle Anpassungspotenziale nicht erkannt und somit nicht genutzt werden. Durch den Austausch nimmt die für die Anlagen zur Verfügung stehende Amortisationszeit ab.

1.2 Zielsetzung

Produktionsanlagen bzw. Betriebsmittel sind zukünftig häufiger zu rekonfigurieren und nicht auszutauschen, um deren Amortisationszeit zu verlängern und somit wirtschaftlicher zu produzieren (ABELE & REINHART 2011). Zur Ermittlung bestehender Veränderungspotenziale in Anlagen und zur wirtschaftlichen Durchführung dieser Veränderungen bedarf es methodischer Vorgehensweisen sowie Werkzeuge zur Planung³. Dabei bestehen in der Betriebsmittelplanung⁴ noch große Rationalisierungspotenziale (SELIGER 2007).

³ Planung ist definiert als die „gedankliche Vorwegnahme eines angestrebten Ergebnisses einschließlich der zur Erreichung als erforderlich erachteten Handlungsabfolge“ (VDI 5200, S. 4).

⁴ Die Betriebsmittelplanung hat die „Festlegung der im Unternehmen einzusetzenden (...)“ Betriebsmittel zum Ziel (EVERSHEIM ET AL. 1996, S. 7-108). Die Planung lässt sich in die Bereiche strategisch, taktisch und operativ gliedern (WÖHE & DÖRING 2010). Die strategische Planung fokussiert u. a. die Konstruktion oder Auswahl von Produktionsanlagen sowie die Abstimmung der Anlagen aufeinander (EVERSHEIM ET AL. 1996). Sie bestimmt damit den langfristig zur Verfügung stehenden Maschinenpark. Die taktische Planung betrachtet mittelfristig u. a. den Verwendungszweck, die Einsatzbedingungen und führt die Eig-

Die Unterstützung von Unternehmen bei der Rekonfiguration ihrer Betriebsmittel und somit die *Entwicklung einer Methodik zur Bedarfsermittlung und Planung von Betriebsmittelrekonfigurationen* stellt daher das übergeordnete Ziel dieser Arbeit dar. Die Methodik soll zu der von LOTTER & WIENDAHL (2006) geforderten Erhöhung des Anteils wiederverwendbarer Anlagenteile beitragen. Unter Bedarfsermittlung wird die Identifikation von Rekonfigurationsbedarfen verstanden. Die Planung umfasst das Erarbeiten von Rekonfigurationsalternativen sowie die Auswahl der besten Alternative. Die Planung von Betriebsmittelrekonfigurationen setzt somit die Kenntnis des zu erreichenden Endzustandes sowie der durchzuführenden Tätigkeiten voraus (vgl. Fußnote 3, S. 3).

Damit Betriebsmittel aufwandsarm und kostengünstig an neue Rahmenbedingungen angepasst werden können, müssen sie ein Maß an Veränderungsfähigkeit aufweisen. Deren Höhe ist proportional zu den Investitionskosten zur Erzeugung der Veränderungsfähigkeit (HERNÁNDEZ MORALES 2003). Daher darf das Maß der bereitgestellten Veränderungsfähigkeit nicht über den Anforderungen liegen, um dem von WESTKÄMPER (2002) geforderten „Primat der Wirtschaftlichkeit“ zu genügen. Aus diesem Grund stellt die *Bewertung der Veränderungsfähigkeit von Produktionsanlagen* ein wichtiges Element der zu erarbeitenden Methodik dar. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass die optimale Veränderungsfähigkeit immer unternehmensspezifisch festzulegen ist (ANDRESEN & GRONAU 2004).

Um Veränderungen an Betriebsmitteln ermitteln und planen zu können, sind Veränderungsbedarfe zu antizipieren. Daher bildet die Erarbeitung eines Vorgehens zur *Identifikation von Rekonfigurationsbedarfen* einen wichtigen Bestandteil. Hierfür sind einerseits Eigenschaften und Fähigkeiten von Anlagen sowie andererseits Anforderungen an Anlagen zu beschreiben und abzugleichen.

Ferner ist zu untersuchen, ob die Anlagen Anpassungspotenziale aufweisen. Üblicherweise existieren diverse Möglichkeiten zur Durchführung notwendiger Veränderungen. Demnach ist ein Verfahren zur *Generierung und Darstellung alternativer Veränderungsmöglichkeiten* zu erstellen. Zur Auswahl der besten Alternative ist außerdem ein *Verfahren zur Bewertung der Alternativen* zu entwickeln.

nungsprüfung durch (EVERSHEIM ET AL. 1996). Sie legt also auch die Anordnung der Betriebsmittel fest. Entscheidungen über die kurzfristige Veränderung von Systemen werden hingegen in der operativen Planung getroffen sowie durchgeführt (MÖLLER 2008). Darüber hinaus werden hier die Betriebsmittel für die Produktion einzelner Aufträge ausgewählt (EVERSHEIM ET AL. 1996).

Zusammengefasst ist das übergeordnete Ziel dieser Arbeit Unternehmen bei der Rekonfiguration ihrer Betriebsmittel zu unterstützen. Hierfür bedarf es einer Methodik, um Bedarfe für Betriebsmittelrekonfigurationen zu ermitteln und diese Rekonfigurationen zu planen. Als Teilziele sind hierfür insbesondere

1. Vorgehensweisen zu erarbeiten, um Rekonfigurationsbedarfe frühzeitig zu erkennen,
2. Verfahren zur Generierung und Darstellung von Alternativen, wie die Rekonfigurationen durchgeführt werden können, zu definieren sowie
3. Bewertungsvorschriften zur Auswahl der besten Alternative festzulegen.

1.3 Untersuchungsbereich

1.3.1 Definitionen und Begriffe

Betriebsmittel

In VDI 2815 werden Betriebsmittel als die Gesamtheit der „Anlagen, Geräte und Einrichtungen, die zur betrieblichen Leistungserstellung dienen“, bezeichnet. Es wird differenziert zwischen Ver-/Entsorgungsanlagen, Fertigungsmitteln, Mess- und Prüfmitteln, Fördermitteln, Lagermitteln, Organisationsmitteln, Innenausstattung sowie Grundstücken und Gebäuden. Nach WIENDAHL ET AL. (2009) existieren in der Produktion Fertigungs-, Montage- und Logistikmittel.

Zur Beschreibung von Betriebsmitteln in der Produktion kann das hierarchische Betriebsmittelmodell nach ZAEH ET AL. (2006) Verwendung finden. Dieses Modell strukturiert Betriebsmittel hierarchisch in fünf Ebenen (Anlagen-, Zellen-, Funktionsgruppen-, Komponenten- und Elemente-Ebene). In untergeordneten Ebenen sind alle Bauteile oder Teilsysteme aufgelistet, aus welchen das übergeordnete System besteht. Die Elemente-Ebene stellt die unterste, nicht weiter zerlegbare Ebene dar. Mehrere Elemente (z. B. Schrauben, Kabel oder Profile) formen Komponenten (z. B. Antriebe, Speicher oder Pneumatikzylinder), die eine einzige Tätigkeit ausführen und dazu Energie oder Informationen benötigen können. Funktionsgruppen (z. B. Roboter, Greifer) werden durch das Verbinden von mehreren Komponenten erzeugt. Sie setzen spezifische Prozesse um, wobei hie-

runter sowohl primäre als auch sekundäre Prozesse fallen.⁵ Zellen (z. B. Karosseriebauzellen im Automobilbau) sind die kleinsten autonomen Einheiten (JONAS 2000). Sie bestehen aus unterschiedlichen Funktionsgruppen und erfüllen einen Primärprozess, wobei die notwendigen Sekundärprozesse eingeschlossen sind. Die höchste Ebene ist die Anlagenebene (z. B. Montagelinie). Eine Anlage umfasst mehrere Zellen, die durch Systeme zur Realisierung von Energie-, Informations- und Materialflüssen verbunden sein können (ZAEH ET AL. 2006).

Bei den in dieser Arbeit betrachteten *Betriebsmitteln* handelt es sich um Fertigungs- und Montagemittel auf Zellen-Ebene, die mindestens einen Primärprozess der Produktion nach DIN 8580 ausführen. Darüber hinaus können sie eine unbegrenzte Anzahl an unterstützenden Sekundärprozessen verrichten.

Einflussfaktor

Bei einem Einflussfaktor handelt es sich um einen Faktor, der auf ein Unternehmen wirkt und durch Variation seiner Ausprägungen Veränderungen im Unternehmen und somit auch im Produktionssystem mit den hier vorhandenen Betriebsmitteln hervorrufen kann. Ein Einflussfaktor wird über seine Ausprägungen beschrieben, wobei eine oder mehrere unterschiedliche Ausprägungen existieren können (z. B. Qualifikation, Anzahl verfügbarer Arbeitskräfte etc. für den Einflussfaktor „Personal/Arbeitsmarkt“). WESTKÄMPER (2002) nennt acht Einflussfaktoren auf Produktionssysteme (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Einflussfaktoren (in Anlehnung an WESTKÄMPER 2002)

⁵ Primärprozesse tragen direkt zur Wertschöpfung am Produkt bei (z. B. Schweißen). Sekundärprozesse hingegen haben keine wesentliche Wertschöpfungsanteile und werden in der Regel nur für Unterstützungsfunktionen (z. B. Messen, Handhaben) eingesetzt (ZAEH ET AL. 2006, CHRISTIANSEN 2009).

Zur Identifikation der betriebsmittelrelevanten Einflussfaktoren wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine fragebogenbasierte Studie mit 80 Teilnehmern mit produktionstechnischem Hintergrund durchgeführt. Dazu wurden die in Abbildung 2 genannten Einflussfaktoren unter Berücksichtigung weiterer Arbeiten (z. B. HERNÁNDEZ MORALES 2003) detailliert, so dass 15 Faktoren zur Auswahl standen. Die Studienteilnehmer hätten noch weitere Faktoren hinzufügen können. Dies erfolgte jedoch nicht, so dass davon ausgegangen wird, dass die Auswahl die relevanten Faktoren beinhaltet. Die betriebsmittelrelevanten *Einflussfaktoren* sind in Abbildung 3 gezeigt. Durch die Änderung der Ausprägungen dieser Faktoren können Anpassungen am Betriebsmittel notwendig werden.

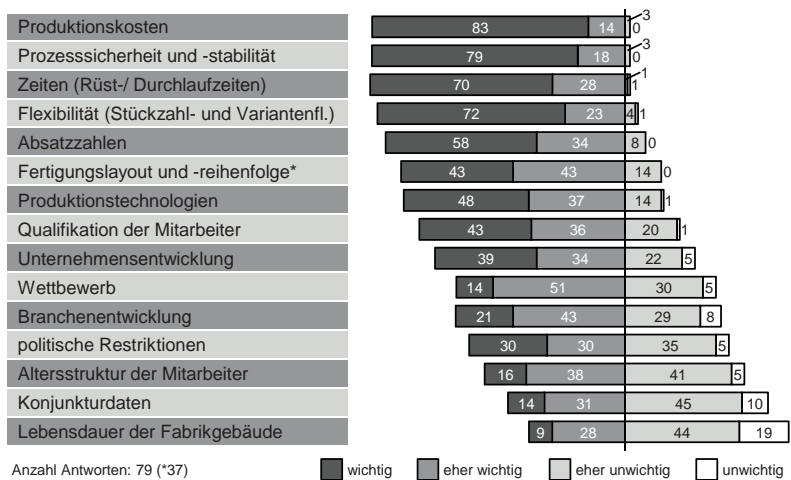


Abbildung 3: Betriebsmittelrelevante Einflussfaktoren nach Anteil der Nennungen in [%] (vgl. Studie in Abschnitt 3.1)

Adaption und Rekonfiguration

Eine *Adaption* wird definiert als die Veränderung eines einzelnen Betriebsmittelbauteils, wobei die Adaptionen Austausch, Entfernen, Anpassen oder Hinzufügen existieren (ELMARAGHY 2009). Eine *Rekonfiguration* hingegen ist die Veränderung eines Betriebsmittels durch Adaption mehrerer Bauteile, um auf geänderte Einflussfaktoren zu reagieren (WIENDAHL 2002, WIENDAHL ET AL. 2007, ELMARAGHY 2009). Eine Rekonfiguration umfasst somit immer eine oder mehrere Adaptionen. Sowohl Adaptionen als auch Rekonfigurationen sind stets mit Aufwänden (Zeit und Kosten) verbunden (WIENDAHL ET AL. 2007).

Ein Bauteil ist ein Bestandteil des Betriebsmittels, der adaptiert werden kann. Auf welcher Ebene des hierarchischen Betriebsmittelmodells (siehe Seite 5) sich die Bauteile (Elemente, Komponenten oder Funktionsgruppen) befinden, ist unternehmensspezifisch festzulegen. So kann ein Unternehmen bspw. über das Know-how verfügen, Bestandteile von Robotern (z. B. Antriebe, mechanische Komponenten) auszutauschen. Somit würden diese Bestandteile als Bauteile definiert. Andere Unternehmen hingegen müssen Roboter als Ganzes austauschen. Aus diesem Grund wäre der Roboter das Bauteil.

Eine Rekonfiguration ist kein Teil des regulären Systembetriebs. Sie ist die Reaktion auf etwas Neues bzw. etwas bei der Konstruktion des Betriebsmittels noch nicht Vorhergesehenes. Durch eine Rekonfiguration wird demzufolge das Leistungspotenzial (siehe RASCH 2000) eines Betriebsmittels verändert und nicht das ursprüngliche Potenzial wiederhergestellt. Daher stellen das Rüsten (VDI 1983) sowie die Instandhaltung⁶ (RASCH 2000, DIN 31051) von Betriebsmitteln im Kontext der vorliegenden Arbeit keine Rekonfigurationen dar.

Rekonfigurationsfähigkeit im Kontext Flexibilität und Wandlungsfähigkeit

Die Veränderungsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit von Unternehmen auf den bestehenden Veränderungsdruck (siehe Abschnitt 1.1) reagieren und Veränderungsprozesse erfolgreich durchführen zu können (KRÜGER 1998). In diesem Kontext werden in der Literatur die Begriffe Flexibilität sowie Wandlungsfähigkeit ausführlich diskutiert, da sich hieraus die Veränderungsfähigkeit eines Unternehmens zusammensetzt (siehe bspw. DASHCHENKO 2006, WIENDAHL ET AL. 2007, NYHUIS ET AL. 2008, ELMARAGHY 2009). Der Zusammenhang zwischen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit ist in Abbildung 4 gezeigt. Die nachfolgend beschriebenen Definitionen werden für diese Arbeit herangezogen, da sie in der produktionstechnischen Forschung etabliert sind.

Flexibilität bildet die Fähigkeit eines Produktionssystems ab auf veränderte Einflussfaktoren schnell und mit geringem finanziellen Aufwand, innerhalb definierter Flexibilitätskorridore zu reagieren (ELMARAGHY 2005, ABELE ET AL. 2006B, HEINEN ET AL. 2008). Die Flexibilitätskorridore sind durch in der Planung bereits vorgehaltene Maßnahmenbündel definiert (HEINEN ET AL. 2008). Rüsten (VDI 1983) stellt somit einen Bestandteil der Flexibilität dar.

⁶ Die Instandhaltung beinhaltet u. a. die Wartung sowie die Instandsetzung (DIN 31051).

Wandlungsfähigkeit geht darüber hinaus und beschreibt das Potenzial jenseits der Flexibilitätskorridore Veränderungen reaktiv sowie proaktiv durchführen zu können (HEINEN ET AL. 2008). Die Veränderungen sind stets mit finanziellem sowie zeitlichem Aufwand verbunden (HEINEN ET AL. 2008). Das Potenzial zu wandeln setzt sich aus Wandlungsbefähigern⁷ zusammen (HERNÁNDEZ MORALES 2003).

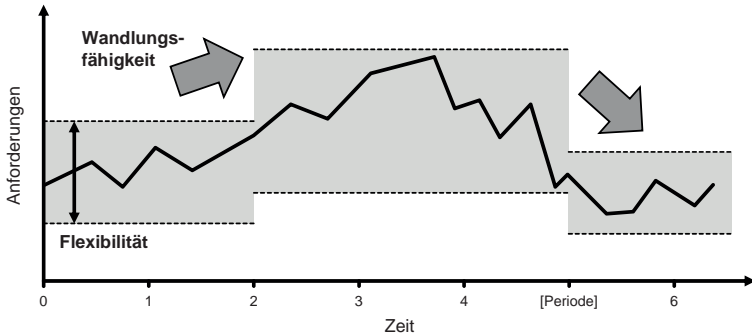


Abbildung 4: Abgrenzung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit (in Anlehnung an ZAEH ET AL. 2005)

Rekonfigurationen wurden zuvor als Veränderungen eines Betriebsmittels durch Bauteiladaptionen definiert. Da Rekonfigurationen mit Aufwänden verbunden und keine vorgehaltenen Maßnahmenbündel sind, beschreibt die Rekonfigurationsfähigkeit somit die Wandlungsfähigkeit auf Betriebsmittelebene und nicht die Flexibilität (WIENDAHL ET AL. 2007).

Rekonfigurationsfähigkeit wird daher definiert als das Potenzial von Betriebsmitteln, Rekonfigurationen mit geringem Zeit- und Kostenaufwand umsetzen zu können. Sie stellt ein Maß dar, um Aussagen über den Durchführungsaufwand von unbekanntem Veränderungen (HEINEN ET AL. 2008) treffen zu können und ist somit unabhängig von einzelnen bzw. spezifischen Rekonfigurationen sowie Einflussfaktoren. Da Kosten erst bei spezifischen Rekonfigurationen auftreten, lässt sich die Rekonfigurationsfähigkeit nicht monetär beschreiben. Generell können rekonfigurationsfähige Betriebsmittel aufwandsärmer (schneller und kostengünstiger) an geänderte Einflussfaktoren angepasst werden als reaktionsträge.

⁷ Bei einem Wandlungsbefähiger handelt es sich um eine „(...) individuelle und ungerichtete, abrufbare Eigenschaft eines Wandlungsobjektes zum Wandel“ (HERNÁNDEZ MORALES 2003, S. 54). Es existieren die fünf primären Wandlungsbefähiger Universalität, Mobilität, Skalierbarkeit, Modularität und Kompatibilität (HEINEN ET AL. 2008).

1.3.2 Eingrenzung des Betrachtungsbereichs

Die Arbeit richtet sich an kleine und mittelständische Unternehmen sowie an Großunternehmen. Firmen, die die Methodik zukünftig anwenden sollen, sind produzierende Betriebe im Bereich der diskreten Industrien, die unter einem hohen Veränderungsdruck stehen. Deren, in Abschnitt 1.3.1 definierte, Betriebsmittel weisen hohe Sachwerte auf und sind in deren Lebenszyklus während der Betriebsphase mehrfach zu rekonfigurieren. Die Anordnung unterschiedlicher Betriebsmittel zueinander, also die Produktionsstruktur (REINHART ET AL. 2009A), wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Solche Unternehmen sind in der Stückgutproduktion mit variantenreichem Produktspektrum zu finden, wie bspw. in der Automobil-, der Elektro- oder der Konsumgüterindustrie. Die zu entwickelnde Methodik soll zukünftig in deren Planungsabteilungen eingesetzt werden, die sich mit dem Betriebsmittelmanagement beschäftigen⁸. Die Anwender sollten betriebswirtschaftliche und technische Grundkenntnisse aufweisen.

1.4 Aufbau der Arbeit

Abbildung 5 zeigt die zehn Kapitel der vorliegenden Arbeit. In der Einleitung wurden bereits die Ausgangssituation dargelegt, die Zielsetzung erläutert sowie der Untersuchungsbereich mit den grundlegenden Begriffen definiert.

In Kapitel 2 werden betriebsmittelrelevante Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Veränderungsfähigkeit, Ansätze zur Lebenszykluskostenrechnung sowie weitere betriebsmittelrelevante Ansätze, z. B. aus der Fabrikplanung hinsichtlich der Erfüllung der in Kapitel 1 geschilderten Zielsetzung evaluiert. In diesem Zusammenhang erfolgt die Untersuchung der Ansätze hinsichtlich der Bedarfsermittlung, Planung und Bewertung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln. Dies dient der Identifikation von Defiziten bestehender Methoden. Darüber hinaus werden Aspekte bzw. Teilbereiche dieser Methoden identifiziert, die zur Erreichung der Zielstellung dieser Arbeit herangezogen werden können.

⁸ Abhängig von der Organisationsstruktur sowie der funktionalen Zuordnung von Tätigkeiten im jeweiligen Unternehmen kann es sich bei diesen Planungsabteilungen bspw. um die Betriebsmittelpflege, die Produktionsplanung, die Arbeitsplanung (EVERSHEIM ET AL. 1996) oder auch die Instandhaltung (RASCH 2000) handeln. In kleinen und mittleren Unternehmen ist das Betriebsmittelmanagement üblicherweise den unterschiedlichen Funktionen zugeordnet, wohingegen in großen Unternehmen Zentralabteilungen existieren (EVERSHEIM ET AL. 1996). Die operative Durchführung der Veränderungen fällt zumeist in den Bereich des operativen Instandhaltungsmanagements (RASCH 2000).

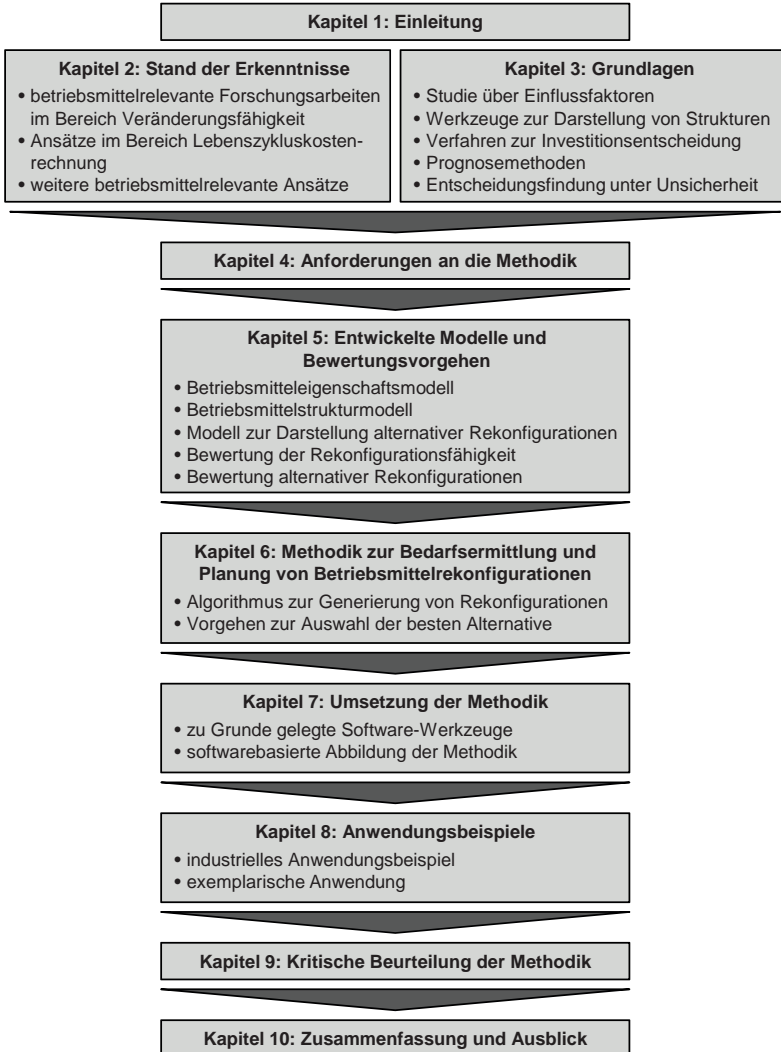


Abbildung 5: Aufbau der vorliegenden Arbeit

In Kapitel 3 werden die für das Verständnis dieser Arbeit benötigten Grundlagen dargelegt. Zunächst wird die durchgeführte Studie über betriebsmittelrelevante Einflussfaktoren beschrieben. Im zweiten Abschnitt dieses Kapitels wird die Auswahl der Werkzeuge und Methoden begründet. Anschließend wird auf Werk-

zeuge zur Strukturmodellierung eingegangen sowie Verfahren vorgestellt, die üblicherweise im Rahmen einer Investitionsentscheidung Verwendung finden. Ferner werden Prognosemethoden erläutert. Außerdem erfolgt die Präsentation von Methoden, um auch unter Unsicherheit eine Entscheidung treffen zu können.

Auf Basis der Kapitel 2 und 3 erfolgt in Kapitel 4 die Definition von sowohl allgemeinen als auch speziellen Anforderungen an eine Methodik zur Bedarfsermittlung und Planung von Betriebsmittelrekonfigurationen.

Kapitel 5 stellt die erarbeiteten Modelle und Bewertungen dar, die der entwickelten Methodik zu Grunde liegen. Bei diesen handelt es sich um das Betriebsmitteleigenschaftsmodell, das Betriebsmittelstrukturmodell, das Modell zur graphenbasierten Darstellung von alternativen Rekonfigurationen, die Bewertung der Rekonfigurationsfähigkeit sowie die strukturelle und betriebswirtschaftliche Bewertung der unterschiedlichen Alternativen.

Die entworfene vierstufige Methodik zur Bedarfsermittlung und Planung von Betriebsmittelrekonfigurationen wird in Kapitel 6 erläutert. Es wird zunächst auf die Datenbasis der Methodik, das Betriebsmitteleigenschafts- sowie das Betriebsmittelstrukturmodell, eingegangen. Zur Ermittlung von Rekonfigurationsbedarfen ist ein Modell zur Darstellung der Anforderungen notwendig, das im ersten Schritt erstellt wird. Nach der Identifikation von Rekonfigurationsbedarfen im zweiten Schritt, werden mit dem einem Rekonfigurationsalgorithmus im dritten Schritt Alternativen zur Reaktion auf die Bedarfe ermittelt. Diese Alternativen werden abschließend im vierten Schritt zur Auswahl der besten Alternative strukturell und betriebswirtschaftlich unter Berücksichtigung von Unsicherheiten bewertet.

Die praktische Umsetzung wird in Kapitel 7 beschrieben. Es wird auf Software-Werkzeuge eingegangen, die bei Umsetzung der Methodik unterstützen. Ferner wird das entwickelte Software-Werkzeug zur Abbildung der Methodik erläutert.

Daraufhin erfolgt die Beschreibung der Methodik in Kapitel 8 anhand eines industriellen Anwendungsbeispiels sowie einer exemplarischen Anwendung.

Im Anschluss an die Beschreibung der Anwendungsbeispiele wird in Kapitel 9 die entwickelte Methodik kritisch beurteilt. Es wird hier der Erfüllungsgrad der definierten Anforderungen untersucht und die Methodik technisch-wirtschaftlich beurteilt. Abschließend wird ein Fazit gezogen.

Die Zusammenfassung mit dem Ausblick auf offene Forschungsfragen sowie möglichen Weiterentwicklungen ist in Kapitel 10 zu finden.

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 3-931327-06-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-07-9
- 8 **Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**
130 Seiten - ISBN 3-931327-08-7
- 9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**
120 Seiten - ISBN 3-931327-09-5
- 10 **3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**
90 Seiten - ISBN 3-931327-10-8
- 11 **Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
110 Seiten - ISBN 3-931327-11-6
- 12 **Autonome Produktionssysteme**
100 Seiten - ISBN 3-931327-12-4
- 13 **Planung von Montageanlagen**
130 Seiten - ISBN 3-931327-13-2
- 14 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 15 **Flexible fluide Kleb-/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung**
80 Seiten - ISBN 3-931327-15-9
- 16 **Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart**
80 Seiten - ISBN 3-931327-16-7
- 17 **Industriekeramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-17-5
- 18 **Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen**
165 Seiten - ISBN 3-931327-18-3
- 19 **Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung**
85 Seiten - ISBN 3-931327-19-1
- 20 **Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen – Plug & Play – Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**
105 Seiten - ISBN 3-931327-20-5
- 21 **Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen**
95 Seiten - ISBN 3-931327-21-3
- 22 **Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
95 Seiten - ISBN 3-931327-22-1
- 24 **EDM Engineering Data Management**
195 Seiten - ISBN 3-931327-24-8
- 25 **Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**
152 Seiten - ISBN 3-931327-25-6
- 26 **Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten - ISBN 3-931327-26-4
- 27 **Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten - ISBN 3-931327-27-2
- 28 **Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten - ISBN 3-931327-28-0
- 29 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlußseminar**
156 Seiten - ISBN 3-931327-29-9
- 30 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 31 **Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten - ISBN 3-931327-31-0
- 32 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 33 **3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten - ISBN 3-931327-33-7
- 34 **Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten - ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten - ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten - ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätssteigerung 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 - Flexibel 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 Mikrobautteilen**
125 Seiten - ISBN 3-89675-044-5
- 45 **Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**
173 Seiten - ISBN 3-89675-045-3
- 46 **Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation**
108 Seiten - ISBN 3-89675-046-1

- 47 Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation
131 Seiten - ISBN 3-89675-047-X
- 48 Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen
106 Seiten - ISBN 3-89675-048-8
- 49 Rapid Prototyping - Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung
150 Seiten - ISBN 3-89675-049-6
- 50 Rapid Manufacturing - Methoden für die reaktionsfähige Produktion
121 Seiten - ISBN 3-89675-050-X
- 51 Flexibles Kleben und Dichten - Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle
137 Seiten - ISBN 3-89675-051-8
- 52 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien
124 Seiten - ISBN 3-89675-052-6
- 53 Mischverbindungen - Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung
107 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 54 Virtuelle Produktion - Integrierte Prozess- und Produktsimulation
133 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 55 e-Business in der Produktion - Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele
150 Seiten - ISBN 3-89675-055-0
- 56 Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug
150 Seiten - ISBN 3-89675-056-9
- 57 Virtuelle Produktion - Datenintegration und Benutzerschnittstellen
150 Seiten - ISBN 3-89675-057-7
- 58 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien
169 Seiten - ISBN 3-89675-058-7
- 59 Automatisierte Mikromontage - Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik
114 Seiten - ISBN 3-89675-059-3
- 60 Mechatronische Produktionssysteme - Genauigkeit gezielt entwickeln
131 Seiten - ISBN 3-89675-060-7
- 61 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen
- 62 Rapid Technologien - Anspruch - Realität - Technologien
100 Seiten - ISBN 3-89675-062-3
- 63 Fabrikplanung 2002 - Visionen - Umsetzung - Werkzeuge
124 Seiten - ISBN 3-89675-063-1
- 64 Mischverbindungen - Einsatz und Innovationspotenzial
143 Seiten - ISBN 3-89675-064-X
- 65 Fabrikplanung 2003 - Basis für Wachstum - Erfahrungen Werkzeuge Visionen
136 Seiten - ISBN 3-89675-065-8
- 66 Mit Rapid Technologien zum Aufschwung - Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder
185 Seiten - ISBN 3-89675-066-6
- 67 Mechatronische Produktionssysteme - Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvorgehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder
148 Seiten - ISBN 3-89675-067-4
- 68 Virtuelle Produktion - Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik
139 Seiten - ISBN 3-89675-068-2
- 69 Kooperationsmanagement in der Produktion - Visionen und Methoden zur Kooperation - Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation - Kooperation entlang der Wertschöpfungskette
134 Seiten - ISBN 3-98675-069-0
- 70 Mechatronik - Strukturndynamik von Werkzeugmaschinen
161 Seiten - ISBN 3-89675-070-4
- 71 Klebtechnik - Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten
ISBN 3-89675-071-2 - vergriffen
- 72 Fabrikplanung 2004 Erfolgsfaktor im Wettbewerb - Erfahrungen - Werkzeuge - Visionen
ISBN 3-89675-072-0 - vergriffen
- 73 Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion - Erwartungen - Erfahrungen - Entwicklungen
179 Seiten - ISBN 3-89675-073-9
- 74 Virtuelle Produktionssystemplanung - Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik
133 Seiten - ISBN 3-89675-074-7
- 75 Nicht erschienen - wird nicht erscheinen
- 76 Berührungslose Handhabung - Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle
95 Seiten - ISBN 3-89675-076-3
- 77 ERP-Systeme - Einführung in die betriebliche Praxis - Erfahrungen, Best Practices, Visionen
153 Seiten - ISBN 3-89675-077-7
- 78 Mechatronik - Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen
155 Seiten - ISBN 3-89675-078-X
- 79 Produktionsmanagement
267 Seiten - ISBN 3-89675-079-8
- 80 Rapid Manufacturing - Fertigungsverfahren für alle Ansprüche
154 Seiten - ISBN 3-89675-080-1
- 81 Rapid Manufacturing - Heutige Trends - Zukünftige Anwendungsfelder
172 Seiten - ISBN 3-89675-081-X
- 82 Produktionsmanagement - Herausforderung Variantenmanagement
100 Seiten - ISBN 3-89675-082-8
- 83 Mechatronik - Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen
160 Seiten - ISBN 3-89675-083-6
- 84 Virtuelle Inbetriebnahme - Von der Kür zur Pflicht?
104 Seiten - ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 3D-Erfahrungsforum - Innovation im Werkzeug- und Formenbau
375 Seiten - ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 Rapid Manufacturing - Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 Produktionsmanagement - Schlang im Mittelstand
102 Seiten - ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 Mechatronik - Vorsprung durch Simulation
134 Seiten - ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 RFID in der Produktion - Wertschöpfung effizient gestalten
122 Seiten - ISBN 978-3-89675-089-1
- 90 Rapid Manufacturing und Digitale Fabrik - Durch Innovation schnell und flexibel am Markt
100 Seiten - ISBN 978-3-89675-090-7
- 91 Robotik in der Kleinserienproduktion - Die Zukunft der Automatisierungstechnik
ISBN 978-3-89675-091-4
- 92 Rapid Manufacturing - Ressourceneffizienz durch generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau
ISBN 978-3-89675-092-1
- 93 Handhabungstechnik - Innovative Greiftechnik für komplexe Handhabungsaufgaben
136 Seiten - ISBN 978-3-89675-093-8
- 94 iwB Seminarreihe 2009 Themengruppe Werkzeugmaschinen
245 Seiten - ISBN 978-3-89675-094-5
- 95 Zuführtechnik - Herausforderung der automatisierten Montage!
111 Seiten - ISBN 978-3-89675-095-2
- 96 Risikobewertung bei Entscheidungen im Produktionsumfeld - Seminar »Risiko und Chance«
151 Seiten - ISBN 978-3-89675-096-9
- 97 Seminar Rapid Manufacturing 2010 - Innovative Einsatzmöglichkeiten durch neue Werkstoffe bei Schichtbauverfahren
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-097-6

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

Forschungsberichte IWB

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

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

Forschungsberichte IWB ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utzverlag.de, 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 *Ralf 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 Heitmann*: Sichere Prognosen für die Produktionsptimierung 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 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 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. Schiffenbacher*: Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken
187 Seiten · ISBN 978-3-89675-754-8
- 141 *Andreas Sprenzel*: Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung
144 Seiten · ISBN 978-3-89675-757-9

- 142 **Andreas Gallasch:** Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion
150 Seiten - ISBN 978-3-89675-781-4
- 143 **Ralf Cuiper:** Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen
174 Seiten - ISBN 978-3-89675-783-8
- 144 **Christian Schneider:** Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-789-0
- 145 **Christian Jonas:** Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-870-5
- 146 **Ulrich Willnecker:** Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen
194 Seiten - ISBN 978-3-89675-891-0
- 147 **Christof Lehner:** Beschreibung des Nd:YAG-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 Teilerbereitstellung
136 Seiten - ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 **Wolfgang Rudorfer:** Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
207 Seiten - ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 **Hans Meier:** Verteilte kooperative Steuerung maschinennaher Abläufe
166 Seiten - ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 **Gerhard Nowak:** Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 **Martin Werner:** Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
191 Seiten - ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 **Bernhard Lenz:** Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlschweißens 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 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 Roggeder:** System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
175 Seiten - ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 **Robert Klingel:** Anziehfverfahren für hochfeste Schraubverbindungen 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 978-3-8316-0208-5
- 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 telepräzenter 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 Breitingner:** Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
156 Seiten - ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 **Johann von Pieverling:** Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
163 Seiten - ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 **Thomas Baudisch:** Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 **Heinrich Schieferstein:** Experimentelle Analyse des menschlichen Kausystems
132 Seiten - ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 **Jochim Berlak:** Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 **Christian Meierlohn:** 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 Konturfolgssysteme
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-0471-5
- 190 **Christian Patran:** 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 Laserstrahlsschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
160 Seiten - ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 **Carsten Selke:** Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
137 Seiten - ISBN 978-3-8316-0495-1
- 194 **Markus Seefried:** Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 **Wolfgang Wagner:** Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 **Christopher Ulrich:** Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 **Johann Härtl:** Prozessgaseinfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
148 Seiten - ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 **Bernd Hartmann:** Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 **Michael Schlip:** 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 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-Griech:** Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 **Michael Ehrenstraßer:** Sensoreinsatz in der telepräsenten Mikromontage
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 **Rainer Schack:** Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 **Wolfgang Sudhoff:** Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 **Stefan Müller:** Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 **Ulrich Kohler:** Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 **Klaus Schlickeneder:** Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 **Niklas Möller:** 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 Ansoerg:** 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 Oertli:** Strukturmekanische 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 **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 Sigl:** Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlinterns
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 überbetrieblichen Wertschöpfungsketten
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 **Michael Spitzweg:** Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0931-4
- 234 **Ulrich Münzert:** 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 **Sharif 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 Schlip:** 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 transienter 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 rekongfigurierbaren 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
220 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 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 **Sharif Zaidan:** A Work-Piece Based Approach for Programming Cooperating Industrial Robots
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-4175-8
- 260 **Hendrik Schellmann:** Bewertung kundenspezifischer Mengenflexibilität im Wertschöpfungsnetz
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4189-5
- 261 **Marwan Radi:** Workspace scaling and haptic feedback for industrial telepresence and teleaction systems with heavy-duty teleoperators
172 Seiten - ISBN 978-3-8316-4195-6
- 262 **Markus Ruhstorfer:** Rührreißschweißen 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 pulverbettbasierten Fertigung
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4201-4
- 265 **Martin Ostagthe:** System zur produktbasierten Steuerung von Abläufen in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
278 Seiten - ISBN 978-3-8316-4206-9
- 266 **Imke Nora Kellner:** Materialsysteme für das pulverbettbasierte 3D-Drucken
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4223-6
- 267 **Florian Oefele:** Remote-Laserstrahlschweißen mit brillanten Laserstrahlquellen
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4224-3
- 268 **Claudia Anna Ehinger:** Automatisierte Montage von Faserverbund-Vorformlingen
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4233-5

- 269 **Tobias Zeilinger:** Laserbasierte Bauteillagebestimmung bei der Montage optischer Mikrokomponenten
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4234-2
- 270 **Stefan Krug:** Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce)
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4243-4
- 271 **Marc Lotz:** Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit beim Schweißrad-Reibschweißen durch modellbasierte Regelungsverfahren
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 **William Brice Tekouo Moutchiho:** A New Programming Approach for Robot-based Flexible Inspection systems
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4247-2
- 273 **Matthias Waibel:** Aktive Zusatzsysteme zur Schwingungsreduktion an Werkzeugmaschinen
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-4250-2
- 274 **Christian 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 **Mathey 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 Bau:** 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 Glongerger:** Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4419-3
- 293 **Markus Kahner:** 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 Föckerer:** 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
288 Seiten - ISBN 978-3-8316-4452-0