

Johannes Schilp

**Adaptive Montagesysteme für hybride
Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 244

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

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

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

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2012

ISBN 978-3-8316-4063-8

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Trends in der Mikroproduktionstechnik	1
1.2 Mikromontage im Spannungsfeld der Kleinserie	4
1.3 Motivation und Zielsetzung	8
1.4 Vorgehensweise	12
2 Grundlagen und Basistechnologien	15
2.1 Überblick.....	15
2.2 Mikromontage – eine Schlüsseltechnologie	15
2.2.1 Definition.....	15
2.2.2 Wirtschaftliche Herausforderungen	17
2.2.3 Technologische Herausforderungen.....	20
2.2.4 Analyse der Technologien für die flexible Mikromontage	23
2.3 Systemergonomie.....	26
2.3.1 Struktur eines Mensch-Maschine-Systems	26
2.3.2 Informationsverarbeitung im Systemelement Mensch.....	28
2.3.3 Informationsverarbeitung des Systemelements Maschine	31
2.3.4 Kombination der Fähigkeiten von Mensch und Maschine.....	33
2.4 Telepräsenz- und Teleaktionstechnologie	36
2.4.1 Definition und Begriffe	36
2.4.2 Anwendungen von Telepräsenzsystemen	39

2.4.3 Nutzen der Telepräsenz in der Produktionstechnik.....	42
2.4.4 Analyse der Telepräsenztechnologie	45
2.5 Programmierverfahren.....	46
2.5.1 Überblick und Begrifflichkeiten	46
2.5.2 Analyse von Programmierverfahren	50
2.6 Anforderungsprofil und Bewertungsschema.....	52
3 Stand der Forschung und Technik	55
3.1 Überblick	55
3.2 Flexible Mikromontagesysteme	55
3.2.1 Manuelle Mikromontagesysteme.....	55
3.2.2 Teleoperierte Mikromontagesysteme.....	57
3.2.3 Automatisierte Mikromontagesysteme	62
3.2.4 Adaptive Ansätze	64
3.3 Auswertung des Stands der Technik	66
3.4 Präzisierung der Aufgabenstellung.....	68
4 Entwurf eines adaptiven Mikromontagesystems.....	69
4.1 Entwurf einer adaptiven Mikromontagestrategie	69
4.2 Anlagenarchitektur und Teilsysteme	72
5 Baukasten für die Teleoperatorseite.....	75
5.1 Kinematik und Teleoperatoren	75
5.2 Werkzeugsystem und Endeffektoren.....	76
5.3 Bauteilträger und Aktionsort	82
5.4 Multisensorsystem.....	82

5.4.1	Physikalische Sensorkomponenten für die Mikromontage.....	82
5.4.2	Vorgehensweise für die physikalische Sensorauswahl.....	85
5.4.3	Sensorentwurf nach dem Prinzip der logischen Sensoren.....	87
5.4.4	Implementierungsmodell logischer Sensoren.....	89
5.4.5	Baukasten logischer Sensoren.....	90
5.5	Steuerungssystem.....	96
5.5.1	Steuerungsarchitektur.....	96
5.5.2	Kombination unterschiedlicher Steuerungsfunktionen.....	99
6	Baukasten für den Operatorarbeitsplatz.....	101
6.1	Klassifikation von Bedienerchnittstellen.....	101
6.1.1	Konzeption von Darstellungs- und Wirkraum.....	103
6.1.2	Konzeption des Programmierraums.....	105
6.1.3	Grundkonzept eines integrierten Operatorarbeitsplatzes.....	107
6.2	Steuerungsstrategie.....	108
6.2.1	Kontinuierlicher Wechsel zwischen den Fertigungsarten.....	108
6.2.2	Telepräsenzmodus für die Einzelfertigung.....	110
6.2.3	Telepräsenes Programmieren.....	111
6.2.4	Automatikmodus für die Mittelserienfertigung.....	113
7	Aufbau einer Pilotanlage.....	115
7.1	Teleoperatorseite für die adaptive Mikromontage.....	115
7.1.1	Kinematiksystem und Mikromontagewerkzeuge.....	115
7.1.2	Sensorik und Bildverarbeitung.....	117
7.2	Bedienerchnittstelle.....	118

7.2.1	Haptische Eingabegeräte	118
7.2.2	Visualisierung und Kontrollfunktionen	119
7.3	Technisch-wirtschaftliche Bewertung	120
7.3.1	Technische Bewertung	120
7.3.2	Wirtschaftliche Bewertung.....	121
8	Zusammenfassung und Ausblick	125
8.1	Ergebnisse und ihre Bedeutung	125
8.2	Weiterer Handlungsbereiche	126
	Abbildungsverzeichnis.....	129
	Literaturverzeichnis	133

1 Einleitung

1.1 Trends in der Mikroproduktionstechnik

Die Produktionstechnik steht im Bereich der Automatisierungstechnik vor einem Paradigmenwechsel, da sie sich in Zukunft mit dem Einsatz von Mikrosystemen und der sog. „technischen Intelligenz“ verstärkt auf die kognitiven Fähigkeiten des Menschen und dessen Integration in die Produktion stützen muss. Auf diese Weise entstehen intelligente und flexible Automatisierungslösungen, um den allgemeinen Markttrends der Kundenindividualisierung, der Steigerung der Produktkomplexität und der Verkürzung der Produktlebenszyklen entgegenzutreten (WESTKÄMPER 2000, WESTKÄMPER 2005). „People are the most flexible ressource a company may have. ... Being the so called process owner people take the responsibility of the production processes to optimize productivity and quality as well as to minimize production cost.“ Mit diesem Zitat schlagen BLEY ET AL. (2004) die kognitive Integration der Produktionsmitarbeiter und die intelligente und flexible Kombination von manuellen und automatisierten Tätigkeiten in einer Produktionskette vor, um trotz steigender Variantenvielfalt und sinkender Losgrößen die Reaktionsfähigkeit der Unternehmen auf Marktveränderungen in der Zukunft zu gewährleisten. Diese Rückbesinnung auf den Wert des Mitarbeiters bzw. auf den Wert seiner fachlichen Qualifikation stellt besonders auch in Hochlohnstandorten wie Deutschland einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil für das produzierende Gewerbe dar (ZÄH ET AL. 2006A, KINKEL & Lay 2004).

Diesen Paradigmenwechsel weg von vollständig automatisierten und damit starren Produktionskonzepten hin zu intelligenten und flexiblen Automatisierungslösungen unter sinnvoller Einbeziehung des Menschen belegt auch eine empirische Studie (LAY ET AL. 2001A), in der deutsche Unternehmen nach dem Erfolg ihrer in der Vergangenheit getätigten Investitionen zur Erhöhung des Automatisierungsgrads befragt wurden (siehe Abbildung 1 Mitte). Hohe Automatisierungsgrade widersprechen demnach z. B. der durch den Markt geforderten Losgrößenreduktion (65%) und der flexiblen Kapazitätsanpassung (57%).

1 Einleitung

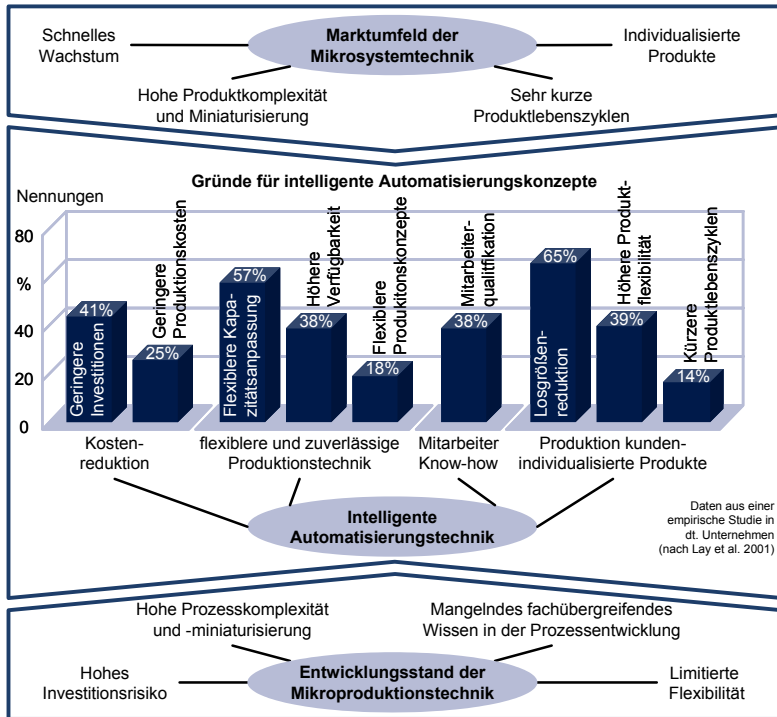


Abbildung 1: Intelligente Automatisierungstechnik (Mitte) als Bindeglied zwischen den Marktumfeld der Mikrosystemtechnik (oben) und dem Entwicklungsstand der Mikroproduktionstechnik (unten)

Das Potenzial dieses Paradigmenwechsels in der Automatisierungstechnik wird auch am Beispiel der Mikrosystemtechnik deutlich, welche als sog. Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts (BÜTTGENBACH 1998) hinsichtlich ihrer Marktentwicklung hoch gelobt wird, jedoch in einigen Bereichen hinter den Marktprognosen zurück bleibt. Für diese Betrachtung lassen sich die in der oben erwähnten Studie aufgeführten und teils vielschichtigen Gründe für intelligente Automatisierungslösungen in folgende vier Aspekte zusammenfassen (siehe Abbildung 1 Mitte):

- Kostenreduzierung bzw. niedriges Investitionsrisiko,
- flexiblere und zuverlässige Produktionstechnik,

- Nutzung des im Unternehmen vorhandenen Mitarbeiter Know-hows und
- Produktion kundenindividualisierter Produkte.

Diese vier Aspekte sind nahezu deckungsgleich mit den aktuellen Marktanforderungen der Mikrosystemtechnik, welche selbst

- durch ein schnelles aber schwankendes Marktwachstum mit damit verbundenem hohen Investitionsbedarf und -risiko,
- durch komplexer werdende und miniaturisierte Produkte und die dafür erforderlichen Fertigungs- und Montagetechnologien,
- durch sehr kurze Produktlebenszyklen und den dafür notwendigen Know-how-Transfer durch die Mitarbeiter für die Prozessentwicklung bzw.
- durch stark individualisierte Produkte

geprägt sind (abgeleitet aus ZINNER 2003, siehe Abbildung 1 oben). Durch den Einsatz von intelligenten Automatisierungslösungen sollten demnach sowohl die wirtschaftliche Produktion wie auch der Markterfolg mikrosystemtechnischer Produkte als sicher gestellt gelten.

Für die Mikrosystemtechnik wird auch insgesamt ein nachhaltiges Wachstum prognostiziert, welches sich zu ca. 80% auf Großserienprodukte mit einem eher moderaten aber steten Wachstum und derzeit zu ca. 20% auf innovative, sog. hybride Mikrosysteme (vgl. Abschnitt 2.2.1) mit einem sehr großen aber schwankenden Wachstum stützt (WICHT ET al. 2001A, WECHSUNG 2002, WICHT & BOUCHAUD 2005). Aus einem Vergleich der zeitlich versetzten Studien zur Marktentwicklung der Mikrosystemtechnik (WECHSUNG 2002, WICHT & BOUCHAUD 2005) ergibt sich jedoch ein differenziertes Bild, da zahlreiche innovative Neuentwicklungen bei hybriden Mikrosystemen z. B. für die Medizintechnik oder für die optische Industrie mangels ausreichender Stückzahlen aktuell nur einen minimalen oder überhaupt keinen Markterfolg erzielen können. Als verantwortlich hierfür gilt nach HESSELBACH ET AL. (2003) der aktuelle Entwicklungsstand der Mikroproduktionstechnik (siehe Abbildung 1 unten), der durch

- ein hohes Investitionsrisiko wegen unsicherer Wachstumsprognosen,
- voranschreitende Komplexität und Miniaturisierung der Prozesstechnik,
- mangelndes fachübergreifendes Wissen in der Prozessentwicklung und
- limitierte Flexibilität der eingesetzten Fertigungs- und Montagesysteme

gekennzeichnet und ökonomisch auf die Massenproduktion ausgerichtet ist.

Auch in diesen Umsetzungshemmnissen der Mikroproduktionstechnik spiegeln sich damit indirekt die vier Potenziale der intelligenten Automatisierung als Bindeglied zwischen den Markterfordernissen der Mikrosystemtechnik und dem Entwicklungsstand der Mikroproduktion wider (siehe Abbildung 1). Neben den aktuellen Entwicklungsansätzen von flexiblen, produktübergreifenden und durchgängigen Mikroproduktionsketten (BMBF 2004) können damit v. a. die flexible Integration des Menschen in die Prozessumgebung, die effiziente Kombination von manuellen und automatisierten Tätigkeiten und die Integration von technischer Intelligenz in die Anlagentechnik einen wichtigen Beitrag leisten, um die wirtschaftliche Produktion v. a. von hybriden Mikrosystemen zu ermöglichen und damit deren Wachstumsprognosen zu sichern.

1.2 Mikromontage im Spannungsfeld der Kleinserie

Für eine wirtschaftliche Serienfertigung hybrider Mikrosysteme müssen vorrangig Lösungen für den letzten Prozessschritt der Mikroproduktionskette – die sog. Mikromontage (vgl. auch Abschnitt 2.2.1) – erarbeitet werden. Ziel hierbei ist, die überdurchschnittlich hohen Montagekosten in der Mikrosystemtechnik mit einem Anteil von bis zu 80% der gesamten Produktionskosten zu reduzieren (KOELEMEIJER CHOLLET & JACOT 1999). Die in Abschnitt 1.1 aufgeführten Umsetzungshemmnissen der Mikroproduktionstechnik sind somit auch für die Mikromontage von besonderer Relevanz.

Die voranschreitende Komplexität und Miniaturisierung der Mikrosysteme wirft zunächst die Frage auf, wie diese – untergliedert in die Teilprozesse der Montage – grundsätzlich

- schonend zu handhaben,
- präzise zu positionieren,
- prozesssicher zu fügen bzw.
- hinsichtlich ihrer Funktion zu prüfen sind.

Die Forschungsaktivitäten in der Handhabungs- und Greiftechnik fokussieren sich auf das minimale und homogene Aufbringen von Greif- und Haltekräften, um die Oberflächen und fragilen Strukturen der Mikrosysteme so gering als möglich zu belasten (GRUTZECK 2000, EIJK ET AL. 2003, SCHILP 2006). Die Lösungen für die minimaltaktile bzw. vollständig berührungslose Handhabung kleiner Bauteile (SCHILP 2006), für den durchgängig berührungslosen Material-

fluss (ZÄH ET AL. 2003A) und für den industriellen Einsatz von berührungslosen Handhabungssystemen (BINDER 2004) zeigen die erfolgreiche, systemtechnische Umsetzung dieser Aufgabenstellung. Bei taktilen Handhabungs- und Greifsystemen sind für eine geringe Bauteilbelastung allerdings nachgiebige Greifstrukturen oder präzise Regelkreise zur sensorischen Überwachung und Nachjustierung der Greif- und Fügekräfte notwendig (ZÖPPIG 1998, SCHLICK & ZÜHLKE 2003). Durch Standardisierungs- und Modularisierungsansätze wie die Entwicklung eines modularen Greiferbaukastens (HOFMANN ET AL. 2002) existieren erste Ansätze, um diese teilweise komplexen Handhabungs- und Greiftechnologien auch in Mikromontagesysteme für kleine und mittlere Stückzahlen wirtschaftlich zu integrieren.

Aufbauend auf der Entwicklung von Positionierstrategien für die Mikromontage (HÖHN 2001, vgl. auch Abschnitt 2.2.3) wurden auf die jeweilige Strategie angepasste Werkzeugsysteme mit integrierten, optischen Sensorkomponenten entwickelt. Durch diese Systeme wird eine hochgenaue geregelte Relativpositionierung der Bauteile über dem Montageort erreicht (HÖHN & JACOB 2001, JACOB 2002). Die Montagegenauigkeit kann zudem durch die aktive Schwingungskompensation im Montagewerkzeug (REINHART & HÖHN 1999) und dem Einsatz von hochgenauen Algorithmen und Methoden der Bildverarbeitung (POTSAID ET AL. 2002) weiter gesteigert werden. Eine sensorbasierte und flexible Werkzeugarchitektur über automatisiert wechselbare Greiferschnittstellen (SCHILP ET AL. 2003) ermöglicht einen universellen und damit wirtschaftlichen Einsatz der meist sehr kostenintensiven Sensorkomponenten.

Die Mikrofügetechniken lassen sich analog zu den bekannten Fügeprozessen nach DIN 8593 TEIL 0 in die Hauptverfahren Kleben (Bonden), Löten und Schweißen einteilen. Exemplarische Schwerpunkte in der Entwicklung von Mikrofügeverfahren ist das Dosieren und Dispensieren von Klebstoffen und Lotmaterial (SCHILP 2001, DILTHEY UND MÖLLER 2001) und die Neuentwicklung bzw. Adaption von Schweißverfahren für die Mikrosystemtechnik (BROCKMANN ET AL. 2002, DILTHEY & DORFMÜLLER 2006, BAERTLE ET AL. 2006). Unabhängig von der eingesetzten Fügetechnologie steht jedoch die prozesstechnische Absicherung und damit einhergehend die Entwicklung von Messverfahren und deren technische Umsetzung im Fokus der aktuellen Forschungsaktivitäten (BMBF 2004, WEULE ET AL. 2001). Ziel ist es hierbei, die notwendigen Überwachungsparameter zunächst in ausreichender Qualität zu erfassen und geeignete Regelstrategien für die Fügeprozesse zu entwickeln.

Übergreifend über alle Teilprozesse verhindert die limitierte Flexibilität der teils sehr komplexen Anlagenkomponenten eine kostengünstige Montage in Klein- und Mittelserien. Schon mit Beginn des Wachstums der Mikrosystemtechnik wurde die eingeschränkte Produkt-, Stückzahl- und Prozessflexibilität der eingesetzten Mikromontageanlagen als Hemmnis für die erfolgreiche Marktdurchdringung von hybriden Mikrosystemen erkannt und dafür passende Lösungsansätze entwickelt (WESTKÄMPER 2003). Folgende zwei Entwicklungstendenzen sind hierbei zu unterscheiden:

- Flexible Automatisierungskonzepte für die Montage in kleinen Stückzahlen mit 2.000 Einheiten/a bis 50.000 Einheiten/a (10 Einheiten/d bis 250 Einheiten/d) und mittleren Stückzahlen mit 50.000 Einheiten/a bis 100.000 Einheiten/a (250 Einheiten/d bis 500 Einheiten/d) (Einteilung nach THOBEN 1999)
- Ergonomische, manuelle Mikromontagesysteme für die Einzelfertigung (kleiner 2.000 Einheiten/a entspricht kleiner 10 Einheiten/d)

Der Schwerpunkt in der Entwicklung von flexiblen, automatisierten Mikromontagesystemen liegt dabei in der Standardisierung und Modularisierung der Bauteilzuführung, von Montagewerkzeugen, von gesamten Anlagenkomponenten und der Steuerungstechnik (vgl. Abschnitt 2.2.2) (HOFMANN ET AL. 2003; DIN 32561). Die dadurch erreichte Austauschbarkeit von Modulen führt einerseits dazu, dass Mikromontagesysteme stückzahl- und variantenflexibel auf andere Produkte unter Beibehaltung der Prozesstechnik angepasst werden können. Andererseits können dadurch bei sog. hybriden Systemarchitekturen auch Montageanlagen prozessflexibel um zusätzliche Füge- und Fertigungstechnologien bis hin zu sog. durchgängigen Produktionsketten erweitert werden (KIM ET AL. 2002B). Neben diesen Modularisierungsansätzen gilt es zur weiteren Auslastungssteigerung von automatisierten Mikromontageanlagen, die Nebenzeiten für Rüst- und Inbetriebnahmeumfänge für das Nachfolgeprodukt durch geeignete Programmiermethoden und Einrichtverfahren zu reduzieren (QUAID & RIZZI 2000, BENDEL ET AL. 2003). Damit kann der wirtschaftlich rentable Stückzahlbereich für die automatisierte Mikromontage weiter in die Richtung kleiner Stückzahlen verschoben und damit der hohe Anteil manueller Montagetätigkeiten in der Industrie reduziert werden.

Die Entwicklung von manuellen Mikromontagearbeitsplätzen für die Einzelfertigung fokussiert sich hauptsächlich auf ergonomische Gesichtspunkte. Damit können trotz manueller Montagetätigkeit, welche vom Bediener höchste Kon-

zentration und Präzision abverlangt, längere Bedienzeiten der Anlage ermöglicht werden. Unterstützt werden die manuellen Montagevorgänge durch die Integration von speziellen Werkzeugen und Hilfssystemen am Montagearbeitsplatz, z. B. von Pinzetten oder Kinematiksystemen für die Handhabung von Mikrobauteilen oder von Stereomikroskopen für die Beobachtung des Montagevorgangs (FATIKOW 2000). Die Einbindung des Menschen in die Prozessumgebung der Mikrosystemtechnik stellt aber wegen der hohen Sauberkeits- und Genauigkeitsanforderungen weiterhin eine große Hürde dar. Aus den bei minimierten Bauteilgrößen geltenden Kraftverhältnissen, den sog. Scaling-effects (vgl. Abschnitt 2.2.3), ergeben sich wegen eines ungewohnten physikalischen Bauteilverhaltens in der Handhabung von Mikrobauteilen störende Einflüsse auf den Montageprozess. Zudem behindern Schutzmaßnahmen, wie die Kapselung der Prozessumgebung oder spezielle Schutzkleidung des Bedieners, eine direkte, manuelle Ausführung der Montageumfänge. Die Telepräsenz- und Teleaktionstechnologie (vgl. Abschnitt 2.4) gilt hier als Erfolg versprechender Ansatz für die manuelle Mikromontage, da die strikte Trennung von Mensch und Prozesstechnik bei gleichzeitig realitätsnaher (Fern-)Bedienung der Montageanlage durch den Menschen technisch umsetzbar ist.

Die beiden dargestellten Entwicklungstendenzen fokussieren sich also darauf, eine wirtschaftliche Kleinserienmontage sowohl über stückzahl-, varianten- und prozessflexible Montagesysteme bzw. -arbeitsplätze als auch über eine möglichst hohe Anlagen- bzw. Arbeitsplatzauslastung zu erreichen. Obwohl bereits einige dieser flexiblen, automatisierten Systemlösungen für den industriellen Einsatz am Markt erhältlich sind, ist der Anteil der manuellen Tätigkeiten in der Mikromontage in mittleren Stückzahlen immer noch sehr hoch (FATIKOW 2000). Ein Grund hierfür ist, dass das Wissen über eine effiziente Serienproduktion in den (meist) kleinen Mikrosystemtechnik-Unternehmen nicht oder nur unzureichend vorhanden ist (WALLRABE & Mohr 2003). Analog zum Trend in der Mikroproduktionstechnik können damit besonders auch in der Mikromontage weitere Kosteneinsparungen durch die effiziente Kombination von manuellen und automatisierten Tätigkeiten unter Einsatz von technischer Intelligenz in der Anlagentechnik erzielt werden.

1.3 Motivation und Zielsetzung

Weitere wichtige und bislang noch wenig betrachtete Herausforderungen für die kostengünstige Mikromontage stellen die unzureichende Planung und das mangelnde übergreifende Wissen in der Produkt- und Prozessentwicklung bei den meist kleinen Unternehmen in der Mikrosystemtechnik dar (WICHT ET AL. 2001B). Die Konzentration auf die reine Produktentwicklung, die mangelnde Kenntnis über serientauglichen Fertigungs- und Montageverfahren und die mangelnde Berücksichtigung des Concurrent-Engineering-Gedankens behindern eine schnelle und erfolgreiche Umsetzung einer Produktidee in ein serienreifes und wirtschaftlich produzierbares Mikrosystem (BAZU 2004). Standardisierte Entwicklungs- und Konstruktionssysteme für miniaturisierte Komponenten (WESTKÄMPER 2001B) sollen hierzu systematisch ein mechatronisches Entwicklungsvorgehen (REINHART ET AL. 2001) unter Einbindung der speziellen Produktionsanforderungen unterstützen und zu eine kostengünstigen Fertigung führen.

Ein wichtiger Bestandteil des Produkterfolgs für ein Unternehmen stellt in diesem Zusammenhang die unternehmensinterne Know-how Sicherung der zur Produktherstellung notwendigen Fertigungs- und Montagetechnologien über alle Phasen des Produktlebenszyklus dar. Obwohl der Entwicklungsschwerpunkt und die Kernkompetenz bei den meisten MST-Unternehmen in der Produktgestaltung und -funktionalität liegt, wird bei jeder Neuentwicklung Prozesswissen in Fertigungs- und Montagetechnologien aufgebaut. Dies geschieht i. A. während der manuellen Herstellung der Prototypen, kann dann – einen Markterfolg des Produkts vorausgesetzt – aber nur unzureichend für die Entwicklung von Mikromontagesystemen für die Serienfertigung genutzt werden. Deutlich wird das Potenzial einer durchgängigen Sicherung und Nutzung des Prozesswissens bei einer detaillierten Betrachtung des Produktlebenszyklus eines hybriden Mikrosystems (siehe Abbildung 2), welcher sich allgemein in folgende Phasen (nach LINDEMANN 2005) gliedert:

Während der Entwicklungsphase des Mikrosystems werden durch den Prototypenaufbau erste Erfahrungen in der manuellen Herstellung gesammelt, welche auch in eine fertigungs- und montagegerechte Produkt- bzw. Montagearbeitsplatzgestaltung für die Serienfertigung einfließen sollten. Dies geschieht jedoch aktuell nur in einem unzureichenden Maß. Die manuellen Laborarbeitsplätze werden dann in der Einführungsphase i. d. R. für die Produktion in Einzelfertigung weiterverwendet, da eine Investition in eigene Produktionseinrichtungen wegen der geringen Stückzahlen mit Losgrößen kleiner 10 Einheiten/d (ent-

spricht 2.000 Einheiten/a) betriebsbedingt nicht notwendig und wegen des meist unsicheren Markterfolgs auch wirtschaftlich nicht vertretbar ist. Die Einführungsphase ist beendet, sobald bei stetig ansteigenden Stückzahlen der Break-Even erreicht wird, d. h. sobald das hybride Mikrosystem gewinnbringend hergestellt und vertrieben werden kann.

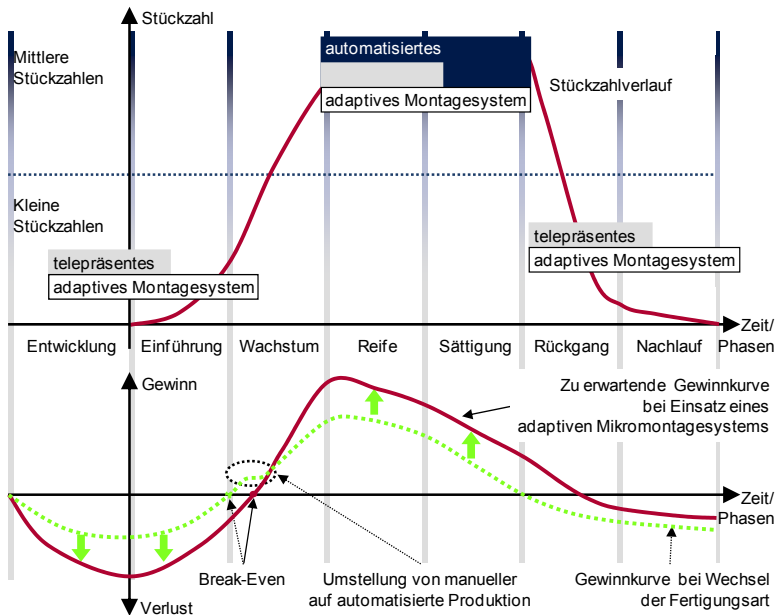


Abbildung 2: Zielsetzung: Entwicklung eines an die Phasen des Produktlebenszyklus anpassungsfähigen, adaptiven Mikromontagesystems auf Basis der Telepräsenztechnologie (oben) und die dadurch zu erwartende qualitative Veränderung des Gewinns (unten)

Als Kennzeichen der nachfolgenden Wachstumsphase gilt neben der Gewinnerzielung das progressive Wachstum der Stückzahl- und Umsatzkurve des Produkts. Ab einer produktabhängigen Grenzstückzahl muss zudem die Entscheidung gefällt werden, ob für die weiteren Produktphasen weiterhin auf manuellen oder auf teilautomatisierten bzw. automatisierten Anlagensystemen produziert wird. Sofern sich die Maximalstückzahl nicht weit oberhalb der Grenze der Einzelserie mit Losgrößen kleiner 10 Einheiten/d (entspricht

1 Einleitung

2.000 Einheiten/a) entwickelt, kann das Produkt auch in den folgenden Lebensphasen auf dem bereits vorhandenen Arbeitsplatz montiert werden. Fällt die Entscheidung jedoch für eine teilautomatisierte oder automatisierte Herstellung, werden weitere Investitionen in neue Anlagentechnik für die Klein- und Mittlere notwendig, die den Gewinn zunächst reduzieren (siehe Gewinnkurve (gestrichelte Linie) in Abbildung 2). Zudem wird in dieser Phase i. d. R. die Entwicklung des Montagesystems an Fremdfirmen vergeben, da die Unternehmen der Mikrosystemtechnik meist auf reine Produktentwicklungsaufgaben ausgerichtet sind. Die Übertragung des Prozesswissens aus dem (manuellen) Laborbetrieb in die (automatisierte) Serienproduktion findet somit meist nur unzureichend statt und muss letztendlich für den Laborbetrieb und für die Serienfertigung doppelt aufgebaut werden.

Die Reifephase als die profitabelste Phase des Produktlebenszyklus ist geprägt durch eine anhaltende aber degressive Stückzahl- und Umsatzsteigerung, gefolgt von der sog. Sättigungsphase, sobald das Marktwachstum stagniert. In diesen Phasen steigt die Anlagenauslastung zunächst stetig an bzw. bleibt konstant. Durch eine marktbedingte degressive Preispolitik schrumpfen allerdings die erzielten Gewinne. Am Ende der Sättigungsphase werden i. d. R. durch eine Produktoptimierung bzw. -neupositionierung neue Kunden bzw. Anwendungsfelder erschlossen. Sofern die Montageeinrichtungen varianten- und stückzahlflexibel ausgelegt sind, könnten die neuen Produktvarianten parallel zu den bisherigen kostengünstig auf dem gleichen System hergestellt werden. Dies würde die Gewinnentwicklung nachhaltig positiv beeinflussen (nicht dargestellt in Abbildung 2).

Die nachfolgende Rückgangsphase ist geprägt durch einen stark negative Stückzahl-, Umsatz- und Gewinnentwicklung, verursacht durch geringere Einnahmen pro Produkt und gebundenes Kapital in Anlagentechnik und Beständen. Bei einer automatisierten Serienherstellung von Mikrosystemen erfolgt in dieser Phase die Umstellung auf manuelle Montagevorgänge, da die Rüst- und Inbetriebnahmeaufwände der automatisierten Anlage verglichen mit den nun produzierten Stückzahlen bzw. der geringeren Anlagenauslastung i. A. nicht mehr rentabel sind. Nach der Einstellung des Produkts fällt in der Nachlaufphase die Stückzahl dann sehr langsam ab. Für die Ersatzteilversorgung müssen hier noch kleinste Mengen produziert werden. Der monetäre Gesamterfolg des Produkts muss in dieser Phase noch weiter nach unten korrigiert werden.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, eine Anlagenarchitektur zu entwickeln, welche die bekannten Flexibilitätsmerkmale bzgl. Varianten, Produkttypen und Stückzahlen aufweist und an die Phasen des Produktlebenszyklus adaptierbar ist. Für diese Anpassung an den Produktlebenszyklus muss das Anlagensystem systemtechnisch auf die Betriebsarten:

- manuell und
- automatisiert.

und auf einen einfachen und schnellen Wechsel zwischen diesen Betriebsarten ausgelegt sein. Das Mikromontagesystem umfasst dabei die Bestandteile für die Teilprozesse Bauteilversorgung, Handhabung (nach VDI 2860), Fügen (nach DIN 8580, DIN 8593 Teil 0) und Qualitätssicherung. Für jeden Betriebsmodus existieren bereits Systemlösungen (vgl. Kapitel 3), die jedoch unterschiedliche Anforderungscharakteristiken aufweisen. Ausgehend von einer allgemeinen Entwicklungssystematik und systemergonomischen Gesichtspunkten sind diese Methoden und Technologien auf ein anpassungsfähiges Mensch-Maschine-System auf Basis der Telepräsenz- und Teleaktionstechnologie (vgl. Abschnitt 2.4) zu adaptieren.

Mit dem zu entwickelnden adaptiven Mikromontagesystem kann im Vergleich zu herkömmlichen Montagestrategien von Mikrosystemen, wie z. B. durch einem Wechsel des Anlagensystems während der Wachstumsphase, eine Ertragsmaximierung über den Produktlebenszyklus hinweg erzielt werden. Zwar wird die Gewinnkurve in der Entwicklungsphase durch die größeren Investitionen in das intelligente Mensch-Maschine-System für den manuellen Laborbetrieb zunächst absinken und der Break-Even sich verzögern (siehe durchgezogene Linie bei Gewinnkurve in Abbildung 2). Durch den „gewinnbringenden“ Wissenstransfer in die Produktion und die erreichte Flexibilität des Anlagensystems wird die Gewinnkurve in der Wachstumsphase umso stärker ansteigen. Aufgrund der neuen Betriebsflexibilität und Reaktionsfähigkeit des Anlagensystems fällt die Gewinnkurve in den letzten beiden Phasen den PLCs durch Skalierungseffekte und Migrationsstrategien weniger stark ab. D. h., die relativen Produktionskosten fallen durch die dann mögliche Auslastung des Anlagensystems mit Nachfolgender Neuprodukten und durch die Wahl eines optimalen Betriebsmodus geringer aus.

1.4 Vorgehensweise

Im Sinne einer detaillierten Aufgabenanalyse werden ausgehend von der oben beschriebenen Ausgangssituation und Zielsetzung im Folgenden die Grundlagen und verwendeten Basistechnologien für die Aufgabenerfüllung detailliert. Anschließend erfolgt eine Vorstellung und Bewertung analoger oder konkurrierender Entwicklungsansätze im Stand der Forschung und Technik. In der Konzeption und Entwicklungsphase der Arbeit werden dann die erarbeiteten Methoden und Lösungen vorgestellt, durch welche die Zielstellung dieser Arbeit erreicht wird. Eine exemplarische Umsetzung und Verifikation der Einsatztauglichkeit der erarbeiteten Lösungen runden die Arbeit ab (vgl. Abbildung 3).

Zunächst werden dazu in Kapitel 2 die relevanten allgemeinen Grundlagen und Technologien beschrieben und hinsichtlich der Aufgabenstellung bewertet. Neben einem einheitlichen Verständnis über die notwendigen Begrifflichkeiten soll hier das Leistungspotenzial und die Einsatzfähigkeit der beschriebenen Basistechnologien aufgezeigt werden. Die Ergebnisse dieses Kapitels werden in einem Anforderungskatalog und einem Bewertungsschema für adaptive Mikromontagesysteme zusammengefasst.

Kapitel 3 befasst sich mit der Beschreibung und Analyse bestehender Anlagensysteme für die Mikromontage. Auf Basis dieser Bewertungsergebnisse wird der detaillierte Handlungsbedarf abgeleitet und die Aufgabenstellung und Zielsetzung präzisiert.

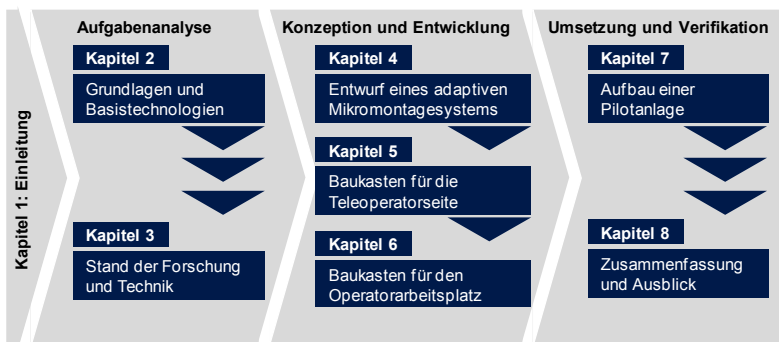


Abbildung 3: Struktur der Arbeit

Im ersten Schritt der Konzeptions- und Entwicklungsphase werden in Kapitel 4 die Grundfunktionen eines adaptiven Mikromontagesystems erarbeitet und bewertet. Ziel dieser Phase ist die Entwicklung einer anpassungsfähigen Montagestrategie. Hier werden die notwendigen Grundmodule eines adaptiven Anlagenkonzepts und die unterschiedlichen Betriebszustände bzw. die Überführung von einem Zustand in den nächsten festgelegt. Abschließend soll auch die Mensch-Maschine-Interaktion während der Bedienung eines adaptiven Montagesystems konzeptioniert werden.

Auf Basis der vorgestellten Grundfunktionen des Mikromontagesystems werden in Kapitel 5 Gestaltungsrichtlinien für anpassungsfähige Funktionsmodule der Teleoperatorseite und in Kapitel 6 diejenigen der Operatorseite festgelegt. Diese sind so zu definieren, dass neue Anlagenmodule, welche nach diesen Richtlinien entwickelt wurden, einfach in das Anlagensystem zu integrieren sind.

In Kapitel 7 werden anhand dieser Gestaltungsrichtlinien entwickelte Funktionsmodule umgesetzt und in eine Pilotanlage integriert. In exemplarischen Montageanwendungen werden die Anlagenmodule und das Gesamtsystem nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und Überprüfung der Zielerreichung in Kapitel 8 und zeigt weiteres Forschungs- und Entwicklungspotenzial auf.

iwb Forschungsberichte Band 1–121

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

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

- 1 *Streifinger, E.*
Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel
1986 · 72 Abb. · 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 *Fuchsberger, A.*
Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen
1986 · 90 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 *Maier, C.*
Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrierobotern
1986 · 77 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 *Summer, H.*
Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen
1986 · 74 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 *Simon, W.*
Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen
1986 · 141 Abb. · 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 *Büchs, S.*
Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung
1986 · 74 Abb. · 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 *Hunzinger, I.*
Schneiderorientierte Oberflächen
1986 · 79 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 *Pilland, U.*
Echtzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen
1986 · 54 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 *Barthelmeß, P.*
Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung
1987 · 70 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 *Reithofer, N.*
Nutzungssicherung von flexibel automatisierten Produktionsanlagen
1987 · 84 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-18440-6
- 11 *Diess, H.*
Rechnerunterstützte Entwicklung flexibel automatisierter Montageprozesse
1988 · 56 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18799-5
- 12 *Reinhart, G.*
Flexible Automatisierung der Konstruktion und Fertigung elektrischer Leitungssätze
1988 · 112 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 *Bürstner, H.*
Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion
1988 · 74 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 *Groha, A.*
Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 *Riese, K.*
Klipsmontage mit Industrierobotern
1988 · 92 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6
- 16 *Lutz, P.*
Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung
1988 · 44 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3
- 17 *Klippel, C.*
Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems
1988 · 86 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0
- 18 *Rascher, R.*
Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung
1989 · 110 Abb. · 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9
- 19 *Heusler, H.-J.*
Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 *Kirchknopf, P.*
Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 *Sauerer, Ch.*
Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 *Karstedt, K.*
Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigungsautomatisierung
1990 · 92 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7
- 23 *Peiker, St.*
Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems
1990 · 66 Abb. · 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0
- 24 *Schugmann, R.*
Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage
1990 · 71 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0
- 25 *Wrba, P.*
Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 *Eibelschäuser, P.*
Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 *Prasch, J.*
Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

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

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

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

Seminarberichte iw b

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

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

- 1 **Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung**
115 Seiten - ISBN 3-931327-01-9
- 2 **Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt**
82 Seiten - ISBN 3-931327-02-7
- 3 **Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung**
110 Seiten - ISBN 3-931327-03-5
- 4 **Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte**
134 Seiten - ISBN 3-931327-04-3
- 5 **Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung**
95 Seiten - ISBN 3-931327-05-1
- 6 **Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung**
86 Seiten - ISBN 3-931327-76-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-77-9
- 8 **Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**
130 Seiten - ISBN 3-931327-78-7
- 9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**
120 Seiten - ISBN 3-931327-79-5
- 10 **3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**
90 Seiten - ISBN 3-931327-10-8
- 11 **Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
110 Seiten - ISBN 3-931327-11-6
- 12 **Autonome Produktionssysteme**
100 Seiten - ISBN 3-931327-12-4
- 13 **Planung von Montageanlagen**
130 Seiten - ISBN 3-931327-13-2
- 14 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 15 **Flexible fluide Kleb/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung**
80 Seiten - ISBN 3-931327-15-9
- 16 **Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart**
80 Seiten - ISBN 3-931327-16-7
- 17 **Industriekeramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-17-5
- 18 **Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen**
165 Seiten - ISBN 3-931327-18-3
- 19 **Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung**
85 Seiten - ISBN 3-931327-19-1
- 20 **Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen - Plug & Play - Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**
105 Seiten - ISBN 3-931327-20-5
- 21 **Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen**
95 Seiten - ISBN 3-931327-21-3
- 22 **Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
95 Seiten - ISBN 3-931327-22-1
- 24 **EDM Engineering Data Management**
195 Seiten - ISBN 3-931327-24-8
- 25 **Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**
152 Seiten - ISBN 3-931327-25-6
- 26 **Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten - ISBN 3-931327-26-4
- 27 **Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten - ISBN 3-931327-27-2
- 28 **Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten - ISBN 3-931327-28-0
- 29 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlußseminar**
156 Seiten - ISBN 3-931327-29-9
- 30 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 31 **Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten - ISBN 3-931327-31-0
- 32 **Nicht erschienen - wird nicht erscheinen**
- 33 **3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten - ISBN 3-931327-33-7
- 34 **Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten - ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten - ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten - ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätsteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
95 Seiten - ISBN 3-931327-37-X
- 38 **Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**
128 Seiten - ISBN 3-931327-38-8
- 39 **Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**
130 Seiten - ISBN 3-931327-39-6
- 40 **Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibler und schneller mit modernen Kooperationen**
160 Seiten - ISBN 3-931327-40-X
- 41 **Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**
146 Seiten - ISBN 3-89675-041-0
- 42 **Stückzahlflexible Montagesysteme**
139 Seiten - ISBN 3-89675-042-9
- 43 **Produktivität und Verfügbarkeit - ...durch Kooperation steigern**
120 Seiten - ISBN 3-89675-043-7
- 44 **Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von 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 3-89675-069-0
- 70 **Mechatronik · Strukturodynamik von Werkzeugmaschinen**
161 Seiten · ISBN 3-89675-070-4
- 71 **Klebtechnik · Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten**
ISBN 3-89675-071-2 · vergriffen
- 72 **Fabrikplanung 2004 · Erfolgsfaktor im Wettbewerb · Erfahrungen – Werkzeuge – Visionen**
ISBN 3-89675-072-0 · vergriffen
- 73 **Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion · Erwartungen – Erfahrungen – Entwicklungen**
179 Seiten · ISBN 3-89675-073-9
- 74 **Virtuelle Produktionssystemplanung · Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik**
133 Seiten · ISBN 3-89675-074-7
- 75 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 76 **Berührungslose Handhabung · Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle**
95 Seiten · ISBN 3-89675-076-3
- 77 **ERP-Systeme · Einführung in die betriebliche Praxis · Erfahrungen, Best Practices, Visionen**
153 Seiten · ISBN 3-89675-077-7
- 78 **Mechatronik · Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen**
155 Seiten · ISBN 3-89675-078-X
- 79 **Produktionsmanagement**
267 Seiten · ISBN 3-89675-079-8
- 80 **Rapid Manufacturing · Fertigungsverfahren für alle Ansprüche**
154 Seiten · ISBN 3-89675-080-1
- 81 **Rapid Manufacturing · Heutige Trends – Zukünftige Anwendungsfelder**
172 Seiten · ISBN 3-89675-081-X
- 82 **Produktionsmanagement · Herausforderung Variantenmanagement**
100 Seiten · ISBN 3-89675-082-8
- 83 **Mechatronik · Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen**
160 Seiten · ISBN 3-89675-083-6
- 84 **Virtuelle Inbetriebnahme · Von der Kür zur Pflicht?**
104 Seiten · ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 **3D-Erfahrungsforum · Innovation im Werkzeug- und Formenbau**
375 Seiten · ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 **Rapid Manufacturing · Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung**
162 Seiten · ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 **Produktionsmanagement · Schlank im Mittelstand**
102 Seiten · ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 **Mechatronik · Vorsprung durch Simulation**
134 Seiten · ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 **RFID in der Produktion · Wertschöpfung effizient gestalten**
122 Seiten · ISBN 978-3-89675-089-1

Forschungsberichte iwB

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- 242 Florian Schwarz
Simulation der Wechselwirkungen zwischen Prozess und Struktur bei der Drehbearbeitung
2010 · 256 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4030-0
- 243 Martin Georg Prasch
Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage
2010 · 261 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4033-1
- 244 Johannes Schilp
Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz
2011 · 160 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4063-8
- 245 Stefan Lutzmann
Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahlschmelzens
2011 · 222 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4070-6
- 246 Gregor Branner
Modellierung transienter Effekte in der Struktursimulation von Schichtbauverfahren
2011 · 230 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4071-3
- 247 Josef Ludwig Zimmermann
Eine Methodik zur Gestaltung berührungslos arbeitender Handhabungssysteme
2011 · 184 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4091-1
- 248 Clemens Pörnbacher
Modellgetriebene Entwicklung der Steuerungssoftware automatisierter Fertigungssysteme
2011 · 280 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4108-6
- 249 Alexander Lindworsky
Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungsbegleitenden Steuerungstest
2011 · 300 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4125-3
- 250 Michael Mauderer
Ein Beitrag zur Planung und Entwicklung von rekonfigurierbaren mechatronischen Systemen – am Beispiel von starren Fertigungssystemen
2011 · 150 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4126-0
- 251 Roland Mork
Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserieteilen in Presswerken auf Basis Neuronaler Netze
2011 · 228 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4127-7
- 252 Florian Reichl
Methode zum Management der Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung
2011 · 224 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4128-4
- 253 Paul Gebhard
Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Rührreißschweißen
2011 · 220 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4129-1
- 254 Michael Heinz
Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgreifsysteme für die Mikrosystemtechnik
2012 · 220 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4147-5
- 255 Pascal Krebs
Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten
2012 · 244 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4156-7
- 256 Gerhard Straßer
Greiftechnologie für die automatisierte Handhabung von technischen Textilien in der Faserverbundfertigung
2012 · 290 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4161-1
- 257 Frédéric-Felix Lacour
Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflussintensiver Produktionsanlagen
2012 · 222 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4162-8
- 258 Thomas Hensel
Modellbasierter Entwicklungsprozess für Automatisierungslösungen
2012 · 220 Seiten · 20,5 x 14,5 cm · 978-3-8316-4167-3