

Klaus Schlickerrieder

**Methodik zur Prozessoptimierung
beim automatisierten elastischen Kleben
großflächiger Bauteile**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 211

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2007

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 · 2008

ISBN 978-3-8316-0776-1

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utz.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungs- und Akronymverzeichnis	VII
Formelzeichenverzeichnis.....	IX
1 Einleitung	1
1.1 Kleben im produktionstechnischen Umfeld	1
1.2 Anwendung der Klebtechnik in der Fahrzeugfertigung	3
1.3 Montage großflächiger Bauteile und Baugruppen durch elastisches Kleben.....	4
1.4 Ziel der Arbeit und Vorgehensweise	7
2 Situationsanalyse und Problemstellung	11
2.1 Allgemeines	11
2.2 Klebtechnische Grundlagen.....	11
2.2.1 Grundlagen zum industriellen Kleben	11
2.2.2 Klebstoffe in der industriellen Anwendung.....	14
2.2.3 Systemtechnik zum automatisierten Kleben.....	19
2.3 Anforderungen an die Montage großflächiger Bauteile durch Kleben.....	21
2.3.1 Anforderungen an die Bauteilbereitstellung und das Greifen des Bauteils.....	21
2.3.2 Anforderungen an den Klebstoffauftrag	22
2.3.3 Anforderungen an die Handhabungseinrichtung	23
2.3.4 Anforderungen an das Fügen großflächiger Bauteile	24

2.3.5	Anforderungen an den Gesamtprozess	25
2.4	Fügefehler und Fehlerursachen	26
2.4.1	Fügefehler	26
2.4.2	Fehlerursachen.....	28
2.4.3	Bewertung und Schlussfolgerung	32
2.5	Qualitätssicherung beim Kleben.....	33
2.5.1	Grundlagen zur Qualitätssicherung beim industriellen Kleben.....	33
2.5.2	Bewertung bestehender Ansätze zur Qualitätssicherung beim industriellen Kleben großflächiger Bauteile.....	35
2.6	Zusammenfassung der Situationsanalyse	37
3	Stand der Technik zum Fügen großflächiger Bauteile durch Kleben	39
3.1	Allgemeines	39
3.2	Grundlagen zu Sensorsystemen.....	39
3.3	Anforderungen und Aufgabe einer direkten, sensoriiellen Qualitätssicherung	41
3.4	Messverfahren zur Posebestimmung über Abstands- oder Konturmessung	43
3.4.1	Berührende Messverfahren.....	43
3.4.2	Berührungslose Messverfahren	44
3.4.3	Einteilung der Verfahren nach dem Anwendungsbereich.....	47
3.5	Prozessführung auf der Basis von gemessenen Poseinformationen.....	48
3.5.1	Grundlagen zur Prozessregelung	48
3.5.2	Industrielle Umsetzung der Prozessführung anhand der Poseinformationen	52

3.6	Zusammenfassung und Präzisierung der Aufgabenstellung.....	55
4	Methodik zum Fügen großflächiger Bauteile durch elastisches Kleben	59
4.1	Allgemeines zur Methodik.....	59
4.2	Untersuchung der grundsätzlichen Rahmenbedingungen	60
4.2.1	Analyse der Einflussgrößen des Fügens großflächiger Bauteile durch elastisches Kleben	60
4.2.2	Ableitung von Anforderungen an das elastische Kleben großflächiger Bauteile.....	62
4.3	Untersuchung der Möglichkeiten zur Formgebung	63
4.3.1	Bestimmung der zu erwartenden Abweichungen	63
4.3.2	Vorgehen zur Auswahl des zu verformenden Bauteils.....	64
4.3.3	Integration der Formgebung in die Prozesskette	66
4.3.4	Analyse der Möglichkeiten zur Bauteilverformung	69
4.3.5	Bewertung und Auswahl.....	70
4.4	Untersuchung der Möglichkeiten zur Prozessdatenerfassung	71
4.4.1	Allgemeines	71
4.4.2	Entwicklung von Möglichkeiten zur Prozessdatenerfassung	73
4.4.3	Bewertung der Möglichkeiten zur Prozessdatenerfassung.....	76
4.5	Ableitung einer allgemeingültigen Methodik.....	77
4.5.1	Allgemeines zur Methodik.....	77
4.5.2	Entwurf der Methodik.....	79
4.6	Zusammenfassung	86
5	Detaillierung der Methodik anhand eines Anwendungsbeispiels.....	89
5.1	Allgemeines zur Detaillierung der Methodik	89

5.2	Beschreibung des Anwendungsszenarios.....	90
5.2.1	Glasscheiben für Personenkraftwagen und Nutzfahrzeuge.....	90
5.2.2	Kleben von Glas mit Metallen.....	91
5.3	Werkstoffkundliche und physikalische Eigenschaften von Glas	92
5.3.1	Glasarten und deren spezifische Eigenschaften	92
5.3.2	Herstellung von Windschutzscheiben	94
5.4	Verhalten von VSG-Windschutzscheiben unter Belastung.....	97
5.4.1	Allgemeines zu Spannungen und Kräften in Glasbauteilen.....	97
5.4.2	Versuche zur Messung der Rückstellkräfte in Abhängigkeit von der Verformung	99
5.4.3	Versuchsergebnisse zur Bestimmung der Rückstellkräfte	103
5.4.4	Auswirkung induzierter Rückstellkräfte auf den Fügeprozess	106
5.4.5	Rückschlüsse auf die zulässige Verformungskontur.....	107
5.5	Bestimmung der Anfangsfestigkeit des viskosen Klebstoffs	108
5.5.1	Allgemeines	108
5.5.2	Messdatenermittlung an der Windschutzscheibe	108
5.5.3	Messdatenermittlung an Probekörpern.....	113
5.6	Ableitung der maximal zulässigen, relativen Verschiebung	115
5.7	Zusammenfassung	121
6	Aufbau und Inbetriebnahme einer Pilotanlage	123
6.1	Allgemeines	123
6.2	Beschreibung der eingesetzten Komponenten der Pilotanlage	123
6.2.1	Aufbau der Versuchsumgebung	123

6.2.2	Nutzfahrzeugkarosserie und Windschutzscheiben	124
6.2.3	Handhabungsgerät.....	125
6.2.4	Scheibengreifereinheit	125
6.2.5	Bereitstellungseinheit für die Scheibe	127
6.3	Gestaltung des Fügevorgangs	129
6.3.1	Aufbau und Integration des Sensorsystems	129
6.3.2	Verarbeitung der Sensordaten.....	131
6.3.3	Programmierung der Regelung	132
6.3.4	Erweiterter Prozessablauf	132
6.3.5	Algorithmus zur Berechnung der Fahrwege.....	134
6.4	Optimierter Einklebevorgang	137
6.5	Technische Bewertung der Methodik	141
6.6	Wirtschaftliche Bewertung der Methodik	142
6.7	Zusammenfassung	146
7	Zusammenfassung und Ausblick	149
7.1	Zusammenfassung	149
7.2	Ausblick	152
8	Literaturverzeichnis.....	153
9	Anhang	175
9.1	Abmessung der untersuchten Windschutzscheibe.....	175
9.2	Aufbau und Ergebnis der Linearisierung des Wegsensors	175
9.3	Versuchspläne zur Messung der Rückstellkräfte.....	176
9.4	V Versuchsergebnisse zur Messung der Rückstellkräfte	178

9.5	Versuchspläne zur Messung der Anfangsfestigkeit des Klebstoffs ...	180
9.6	Versuchsergebnisse zur Messung der Anfangsfestigkeit des Klebstoffs.....	181
9.7	Eigenschaften des eingesetzten Ersatzmediums.....	182
9.8	Messgeräte und Messsysteme.....	182
9.9	Firmenverzeichnis	183

1 Einleitung

1.1 Kleben im produktionstechnischen Umfeld

In den letzten Jahren haben sich die Rahmenbedingungen für die Produktion stark verändert (MILBERG 2003, REINHART et al. 2000, WIENDAHL 2002). Zum einen lässt sich anhand der zunehmenden Diversifizierung der Anspruchsgruppen vor allem im Konsumgüterbereich ein Trend zur Produktindividualisierung und der damit verbundenen Steigerung der Variantenzahlen erkennen (PILLER 1998, ZÄH et al. 2003b, ZÄH et al. 2005a). Aus Sicht der Fertigungs- und Montagetechnik ist es jedoch erforderlich, weiterhin in hohen Stückzahlen zu fertigen, um vor allem hinsichtlich der Kosten konkurrenzfähige Produkte am Markt platzieren zu können (ZÄH et al. 2003b). Zum anderen werden immer höhere Anforderungen an die Produkte seitens der Kunden oder durch den zunehmenden Wettbewerb gestellt. Ebenso beeinflussen internationale Handelsbedingungen, länderspezifische Gesetzgebungen und Umwelt- bzw. Umfeldeinflüsse die Produktgestaltung. Vor allem im Automobil- und Nutzfahrzeugbau stehen hier die Kundenwünsche nach mehr Sicherheit und besserer Ausstattung der Forderung zur Senkung des Flottenverbrauchs konträr gegenüber (HALDENWANGER 2000, JENNEWEIN et al. 2000).

Ein wesentlicher Ansatzpunkt zur Senkung des Flottenverbrauchs ist die Reduzierung der Fahrzeugmasse durch die konsequente Anwendung von Leichtbau im Fahrwerks-, Antriebs- und Karosseriebereich (FRIEDRICH & MESCHUT 2003, LAMMEL 2000). In der Regel kann jedoch ein Werkstoff die vielfältigen Anforderungen nicht erfüllen. Neben Stahl haben sich daher vor allem Kunststoffe, Aluminium, zum Teil auch Titan und Magnesium als Konstruktionswerkstoffe etabliert (ENß et al. 2001, LEHNERT et al. 2002, SCHUMANN & FRIEDRICH 1998, ZÄH et al. 2004a). Diese in Einzelkomponenten, Baugruppen und Modulen eingesetzten Werkstoffe müssen an die auftretenden Belastungen angepasst und anschließend in ein Gesamtprodukt integriert werden (FRIEDRICH 2002, HAHN et al. 2001).

Die daraus resultierenden vielfältigen Werkstoffkombinationen sind jedoch mit herkömmlichen Fügeverfahren oft nur schwer zu verbinden (BAUER 2003). Die Vereinigung von Werkstoffen in Mischbauweise, worunter eine gemeinsame Anwendung von Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften in einem Bau-

teil verstanden wird, ist daher für die Produktion von besonderer Bedeutung (BÖHM 2003, FLEGEL & DEBSCHÜTZ 2002, HAHN et al. 2001, REINHART et al. 2000). Nach GIGENGACK (2003) ist allerdings bei Verwendung einer Mischverbindung, neben den Eigenschaften der einzelnen Werkstoffe, das Verhalten der entstehenden Werkstoffkombination zu beachten. Für Mischverbindungen stellt die Klebtechnik eine vielversprechende Alternative zu den traditionellen Fügeverfahren dar (BÜDGAM et al. 2004, FRIEDRICH 2002, MAURER & STARK 2001). Der Anteil des Fügeverfahrens Kleben an der Produktion nimmt seit Jahren stetig zu, das Potenzial ist jedoch bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. SCHEFFELS (2006) stellt in diesem Zusammenhang fest: „Der Einsatz des Klebens wird in allen Bereichen steigen: Das 20. Jahrhundert war das Jahrhundert des Schweißens, das 21. Jahrhundert ist das Jahrhundert des Klebens.“

In Abbildung 1–1 ist der Verlauf der gesamten Klebstoffproduktion über die Jahre 2000 bis 2004 in Deutschland aufgezeigt. Darin weist die hergestellte Klebstoffmenge kontinuierliche Wachstumsraten auf, wodurch sich auch ein steigender Bedarf an Anlagen zur Klebstoffverarbeitung ergibt. Ein großer Anteil der produzierten Klebstoffe wird in der Fahrzeugindustrie eingesetzt. So wurde für 2004 nach FEICA (2005) der europäische Klebstoffbedarf mit 8,79 Mrd. € beziffert. Bis Ende 2007 wird ein Marktwachstum von 5,2% auf 10,3 Mrd. € erwartet. 14% des gesamten Volumens (1,23 Mrd. €) entfielen davon auf den Bereich der Transportindustrie, die Fahrzeuge, Schiffe und Flugzeuge mit einschließt. Die Fahrzeugindustrie verbrauchte ca. 9% des Gesamtvolumens.

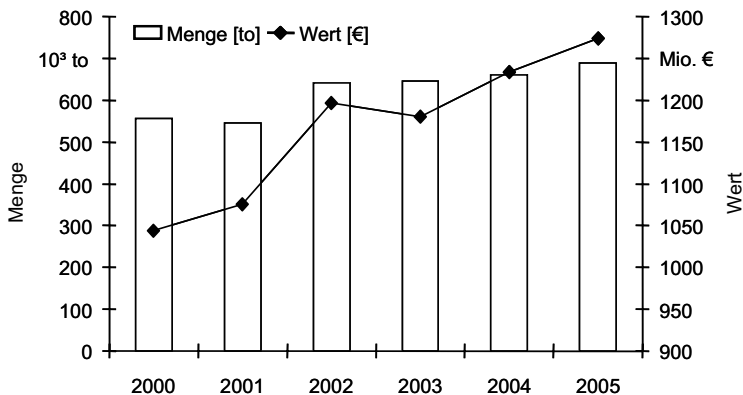


Abbildung 1–1: Produktion von Klebstoffen in Deutschland (nach INDUSTRIEVERBAND KLEBSTOFFE 2007)

1.2 Anwendung der Klebtechnik in der Fahrzeugfertigung

Im modernen Fahrzeugbau werden Klebstoffe von der flexiblen Abdichtung bis hin zum hochfesten Strukturverbund für die unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt (CORDES 2001, 2003). Die klebtechnischen Applikationen lassen sich prinzipiell in das strukturelle Kleben an der Rohkarosserie und in das Kleben in der Montage einteilen.

Strukturelles Kleben schließt im Wesentlichen Bördelfalzklebung, Unterfütterungsklebung und Klebung an der Tragstruktur mit ein. Unter einer Bördelfalzklebung wird die Verbindung eines um ein Innenblech gebördelten Außenblechs mit dem Innenblech mittels Klebstoff verstanden (HABENICHT 1997). Wesentlicher Vorteil gegenüber Punktschweißverbindungen ist in diesem Fall die erhöhte Steifigkeit der Gesamtstruktur durch die flächige Verbindung der Werkstücke. Unterfütterungsklebung werden eingesetzt, um Versteifungselemente unter Front- und Heckklappen, Türen, Innenbleche sowie unter das Dach zu kleben. Die Vorteile gegenüber herkömmlichen Fügeverfahren liegen sowohl in der Steifigkeitserhöhung als auch in der Verbesserung der Vibrationsdämpfung des Gesamtsystems. Bei Klebungen in der Tragstruktur werden Bleche beispielsweise an Tragprofile oder Hutprofile als Sicherheitselemente bei Crashbeanspruchungen geklebt. Zusätzlich kann durch die Anwendung von Strukturklebstoffen eine Erhöhung der Schwingfestigkeit erreicht werden (BORN & SCHENKEL 1996, FRIEDRICH & MESCHUT 2003, GIESE & RITZENHOFF 2001, HABENICHT 2002, KOHLSTRUNG 2003, WALTHER 2002).

Mittels Klebung wird überdies eine Vielzahl von Bauteilen und Baugruppen montiert. Unter Kleben in der Montage sollen im Weiteren alle Anwendungen der Klebtechnik verstanden werden, die nach der strukturellen Fertigstellung der Fahrzeugkarosserie oder der Fahrzeugstruktur durchgeführt werden (WALTHER 2002). Zum Einsatz kommen Montageklebungen beispielsweise an Abdämpfungselementen, Türverkleidungen, Dachmodulen, Instrumententafeln, Dekorativonsteilen, Stoßfängern sowie zur Befestigung von Funktionselementen, z.B. Regensensoren (CORDES 1997, 2001). Ebenso ermöglicht die Klebtechnik die Integration von Glasscheiben als tragende Strukturen in die Fahrzeugkonstruktion, da der Klebstoff, im Gegensatz zu den bisher verwendeten Gummidichtlippen, eine Übertragung von Kräften ermöglicht. Auf diese Weise kann die Verwindungssteifigkeit und die Dachbelastbarkeit einer Karosserie um bis zu 30% gesteigert, die Wasserdichtheit verbessert und die aerodynamische Gestaltung der Fahrzeugkontur optimiert werden (GESANG 1999b, HABENICHT 2002, SYMIETZ

2001). Ferner werden heute komplette Karosserieelemente aus Kunststoff mittels Klebstoff an die Fahrzeuge montiert, um dadurch eine Massereduktion gegenüber Werkstücken aus Stahl zu erreichen. Einzelne Module, wie z.B. Rückwandtüren oder Moduldächer für PKW, werden ebenfalls mittels Klebstoff in das Fahrzeug gefügt (CORDES 2001, HAILER et al. 2004, 2005). Ein Modul ist nach SCHINDELE (1996) eine nach Montageaspekten abgegrenzte und einbaufertige Einheit, deren Elemente physisch miteinander verbunden sind.

1.3 Montage großflächiger Bauteile und Baugruppen durch elastisches Kleben

Konstruktionen in Modulbauweise weisen gegenüber der Montage des Endprodukts aus Einzelteilen erhebliche Vorteile hinsichtlich niedrigerer Produktionskosten und eines schnelleren Fertigungsablaufs auf (BURCHARDT & WAPPMANN 2002, PREUSSER et al. 2003). Vor allem im Bereich des Schiffbaus, der Fertigung von Schienenfahrzeugen und der Nutzfahrzeugproduktion ist die Montage großer, teilweise vorgefertigter Module über Klebungen ökonomisch.

Für die Montage dieser Bauteile werden überwiegend elastische Klebungen eingesetzt. KOCH (1997) und HABENICHT (2002) definieren *elastische Klebungen* als Klebungen, die auf Grund der Klebschichtdicke und des Klebstoffs eine deutliche Verformung bei Lasteinwirkung aufweisen und zudem Fertigungstoleranzen ausgleichen können. Angesichts dieser Eigenschaften werden beispielsweise bei Schienenfahrzeugen die Scheiben und die sekundäre Struktur wie die Seitenbepankung, das Dach und der Boden mittels Klebstoff montiert (BREDE 2002, BURCHARDT et al. 2005, DENGLER & LEMM 1997, KOCH et al. 2004, NAGEL et al. 2004). Des Weiteren werden komplette Führerstände aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) inklusive des Bedienpults und der Seiten- und Frontscheiben an die Rahmenstruktur geklebt (PREUSSER et al. 2003). Im Bereich der Nutzfahrzeuge werden beispielsweise an Omnibussen neben der Montage der Seitenbepankungen und des Daches (vgl. Abbildung 1–2) auch die Seiten- und Frontscheiben durch elastische Klebungen gefügt (BURCHARDT et al. 2005, HABENICHT & KOCH 1997a). Aus dem Schiffbau sind Anwendungen bei Scheiben, Deckbepankungen und innenliegenden Decks bekannt (BREDE 2002, GROSS 2005, KOCH 1997). Mit elastische Klebungen zur Montage großer und flächiger Werkstücke können unter Anderem folgende Vorteile gegenüber her-

1.3 Montage großflächiger Bauteile und Baugruppen durch elastisches Kleben

kömmlichen Fügeverfahren realisiert werden (BURCHARDT & WAPPMANN 2002, HABENICHT 2002):

- Wärmearmes Fügen ohne Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften und des Werkstoffgefüges
- glatte und markierungsfreie Oberflächen
- Verbindung verschiedener, auch nicht schweißbarer Werkstoffe
- gleichmäßige Spannungsverteilung
- Ausgleich von Längenänderungen auf Grund des unterschiedlichen Wärmehausverhaltens
- Steigerung der Stoß- und Schlagfestigkeit der Verbindung
- höhere statische Steifigkeit und höhere dynamische Belastbarkeit im Vergleich mit herkömmlichen Fügeverfahren
- Schwingungsdämpfung
- elektrische Isolation
- Abdichtung der Verbindung

Elastische Klebungen sind daher für den modernen Fahrzeugbau unverzichtbar geworden (KOCH 1997) und können sowohl bei einer manuellen als auch bei einer automatisierten Montage von großflächigen Bauteilen eingesetzt werden.

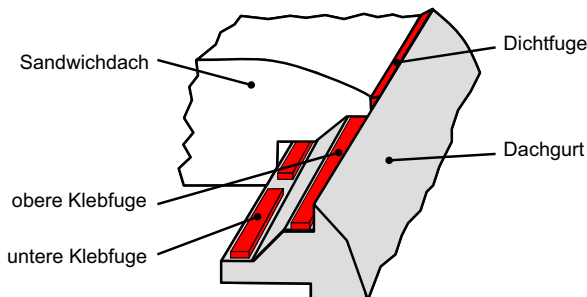


Abbildung 1–2: Prinzipieller Aufbau einer Klebung für die Montage eines Busdaches

Eine händische Montage wird häufig bei Produkten mit geringen Stückzahlen angewendet, beispielsweise in der Produktion von Schienenfahrzeugen (PREUSSER et al. 2003). Vorteilhaft ist, dass durch eine manuelle Montagetätigkeit bei niedrigen Stückzahlen ein sehr hohes Maß an Flexibilität und Wirtschaftlichkeit erreichbar wird (LOTTER et al. 1998).

Bei höheren Stückzahlen und bei schweren Lasten, wie sie für die moderne Fahrzeugindustrie typisch sind, erweisen sich automatisierte Handhabungseinrichtungen bzw. Montageanlagen in der Regel vorteilhafter als die manuellen Prozesse, da durch den verstärkten Einsatz der Elementsegmentierungen die Wirtschaftlichkeit von automatisierten Anlagen gesteigert werden kann (DENGLER & LEMM 1997). Daneben kann die Forderung nach robusten und reproduzierbaren Prozessen mit einer manuellen Montage nicht immer erfüllt werden. Stattdessen ist der Einsatz von automatisierten Montagesystemen, die oftmals durch die Anwendung von innovativer Sensor- und Regelungstechnik gekennzeichnet sind, notwendig (FELDMANN et al. 1999).

Das Prozessergebnis wird durch die Maßhaltigkeit und die Einhaltung der Toleranzen der automatisiert zu montierenden großflächigen Elemente und Module in besonderer Weise beeinflusst, da je nach Herstellungsprozess und Größe der Komponente die Abweichungen von der konstruktiv vorgegebenen Bauteilform unterschiedlich ausgeprägt sind. Bei vormontierten Modulen ist zusätzlich die Verkettung der Einzeltoleranzen von Bedeutung. Somit ist bei der Montage großer und flächiger Teile oder vormontierter Module zu beachten, dass in diesen durch den Prozess nicht zu vernachlässigende elastische Verformungen auftreten können. Diese elastischen Verformungen ziehen unter Umständen nach Aufhebung einer prozessbedingt erforderlichen Zwangslage unkontrollierte Rückverformungen nach sich. Vor allem nachgiebige Bauelemente sind durch kleine Verformungen charakterisiert, welche beispielsweise durch Schwerkraft oder durch einwirkende Prozesskräfte erzeugt werden (ZÄH & CARNEVALE 2003).

Zur Präzisierung des dieser Arbeit zugrunde liegenden Betätigungsfelds soll im weiteren Verlauf unter einem *großflächigen Bauteil mit Toleranzen* ein Element verstanden werden, welches

- eine grundsätzlich flächenhafte Struktur aufweist,
- durch seine Abmessungen erhöhten Aufwand zur Handhabung erfordert,

- Toleranzen in der Größenordnung mehrerer Millimeter besitzt sowie
- ein eigenstables Verhalten aufweist, aber gleichzeitig bis zu einem gewissen Grad verformbar ist.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wird anstelle von großflächigen Bauteilen bisweilen auch von flächigen Großbauteilen bzw. von großen Flächenbauteilen gesprochen. Als Produkte mit industrieller Bedeutung können hierfür beispielsweise Seiten- und Dachbeplankungen an Lokomotiven und Bussen oder auch Windschutzscheiben an Nutzfahrzeugen bzw. Windschutz- und Seitenscheiben an Bussen angegeben werden.

In der industriellen Anwendung können durch elastische Klebungen bei großflächigen Werkstücken sowohl Toleranzen der Fügepartner oder Positionierungsfehler als auch Rückverformungen bis zu einem gewissen Grad kompensiert werden. Dieses Vermögen ist jedoch begrenzt. Wird der noch nicht ausgehärtete Klebstoff, beispielsweise durch eine Rückverformung, zu hoch belastet, können Fehklebungen auftreten. Um derartige Fügefehler während des Betriebs automatisierter Anlagen zu verhindern, ist es erforderlich, die durch die Montage entstehenden Spannungen bei der Auslegung der Systemtechnik und im Anlagenbetrieb zu beachten. Eine deutliche Verbesserung des Montageprozesses beim Kleben flächiger Bauteile mit hohen Toleranzen ist demnach bei einer Vorgehensweise zu erwarten, welche den Fügevorgang an die in die Bauteile induzierten Spannungen anpasst. Hierfür steht derzeit keine methodische Herangehensweise zur Verfügung.

1.4 Ziel der Arbeit und Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, den Fügeprozess beim automatisierten Kleben flächiger Komponenten zu optimieren und damit eine nachhaltige Steigerung der Prozessqualität zu ermöglichen. Vor allem bei flächenhaften Elementen und Baugruppen, die hohe Toleranzen aufweisen, kann eine wesentliche Qualitätsverbesserung erwartet werden. Folglich wird im Fortgang der Arbeit eine allgemeingültige Methodik für das elastische Fügen großflächiger Bauteile mit Klebstoff erarbeitet. Diese ist zur Validierung der Einsetzbarkeit auf ein industrielles Anwendungsbeispiel zu übertragen, anhand dessen der in der Methodik definierte Regelungsalgorithmus detailliert vorgestellt wird. Zu diesem Zweck wird die elastische Klebung einer Windschutzscheibe in eine Nutzfahrzeugkarosserie als

Anwendungsbeispiel herangezogen. Im Anschluss an die Detaillierung folgt die systemtechnische Umsetzung innerhalb einer Pilotanlage. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der aktiven Kompensation fertigungs- und prozessbedingter Fehlereinflussfaktoren zur systematischen Verringerung von Fehklebungen und Undichtigkeiten, die bei großflächigen Werkstücken während der Herstellung der elastischen Klebung auftreten können. Dies soll durch die Kombination geeigneter Handhabungs-, Regelungs- und Sensortechnik erreicht werden.

Die Vorgehensweise, um diese Ziele zu erreichen, ergibt sich wie folgt: Zur Einführung an die Thematik wird in *Kapitel 2* das automatisierte industrielle Kleben analysiert. Darin werden die wesentlichen Grundlagen und Anforderungen zur industriellen Klebstoffverarbeitung vorgestellt. Anschließend folgen die Darstellungen der in einer klebtechnischen Fertigungszelle auftretenden Fügefehler und der zugehörigen Fehlerursachen. Weiterhin werden sensorische Maßnahmen zur Qualitätssteigerung sowie das Einsatzpotenzial von Verfahren zur zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfung diskutiert und die daraus ersichtlichen Defizite beschrieben.

Kapitel 3 arbeitet den für das Einkleben von großflächigen Bauteilen zur Verfügung stehenden Stand von Wissenschaft und Technik auf. Ausgehend von den Grundlagen zur sensorischen Einbaulagenbestimmung werden die aktuellen Möglichkeiten der System- und Sensortechnik zur Unterstützung des Fügeprozesses vorgestellt. Darauf aufbauend folgt eine Diskussion und Beurteilung der bestehenden Lösungen hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit. Aus dem sich ergebenden Defizit wird auf dieser Basis eine Präzisierung der Aufgabenstellung abgeleitet.

In *Kapitel 4* wird eine Methodik für das prozesssichere Einkleben großflächiger Bauteile mit Toleranzen entwickelt. Nach einer Definition der wesentlichen Rahmenbedingungen schließt sich die Detaillierung und Bewertung der Möglichkeiten zur Prozessführung sowie zur Prozessdatenerfassung an. Die Einzelergebnisse werden schließlich in eine allgemeingültige Methodik überführt.

Die Detaillierung der allgemeingültigen Methodik anhand eines Anwendungsbeispiels ist Kern des *Kapitels 5*. Darin werden, nach der Auswahl eines geeigneten Anwendungsszenarios, die für eine industrielle Umsetzung der Methodik erforderlichen anwendungsspezifischen und klebtechnischen Zusammenhänge untersucht.

Kapitel 6 befasst sich mit der Umsetzung der Methodik in einer fertigungsnahen Pilotanlage. Anhand eines industriellen Anwendungsbeispiels werden in dieser Pilotanlage die Funktionsweise der entwickelten Algorithmen, die systemtechnische Umsetzung der Methodik und die erreichbare Qualitätssteigerung dargestellt. Das Kapitel schließt mit einer technischen und wirtschaftlichen Bewertung der Methodik.

Den Abschluss der vorliegenden Arbeit bilden in *Kapitel 7* die Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse und der Ausblick auf potenzielle zukünftige Forschungsarbeiten im Bereich des Fügens großflächiger Bauteile durch elastisches Kleben.

In Abbildung 1–3 ist die Vorgehensweise und der Informationsfluss für den Entwurf der Methodik nochmals zusammenfassend dargestellt. Insgesamt soll durch die vorliegende Arbeit die Akzeptanz gesteigert und die Anwendung des Fügeverfahrens Kleben in der industriellen Fertigung forciert werden. Die vorliegende Arbeit ist als Wegweiser zu verstehen, um das Potenzial der Technologie für das elastische Kleben großflächiger Komponenten mit Toleranzen voll ausschöpfen zu helfen.

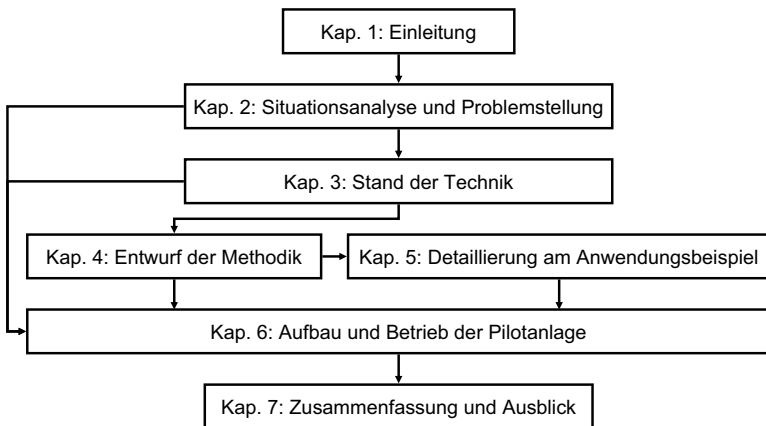


Abbildung 1–3: Vorgehensweise und Informationsfluss für den Entwurf der allgemeingültigen Methodik und deren Transfer auf ein industrielles Anwendungsbeispiel zur Validierung

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.*
Schneiderdierte 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 flexibler 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.*
Klippsmontage 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 *Witba, P.*
Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 *Eibelshäuser, P.*
Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 *Prasch, J.*
Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 *Teich, K.*
Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der Produktion
1990 · 52 Abb. · 158 Seiten · ISBN 3-540-52764-8
- 29 *Pfrang, W.*
Rechnergestützte und graphische Planung manueller und teilautomatisierter Arbeitsplätze
1990 · 59 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-52829-6
- 30 *Tauber, A.*
Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente der Montageplanung
1990 · 93 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-52911-X
- 31 *Jäger, A.*
Systematische Planung komplexer Produktionssysteme
1991 · 75 Abb. · 148 Seiten · ISBN 3-540-53021-5
- 32 *Hartberger, H.*
Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme
1991 · 58 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-53326-5
- 33 *Tuzek, 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 störungstechnischen 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 *Götz, R.*
Strukturierte Planung flexibel automatisierter Montagesysteme für flächige Bauteile
1991 · 86 Abb. · 201 Seiten · ISBN 3-540-54401-1
- 40 *Koepfer, Th.*
3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung - ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsstellung
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. · 168 Seiten · ISBN 3-540-5520-0
- 44 *Petry, M.*
Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmbaukastens für robotergeführte Klebeprozesse
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 *Schräfer, 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 Zustandesregelung elektrischer Vorschubantriebe
1992 · 89 Abb. · 159 Seiten · ISBN 3-540-44441-2
- 52 *Glas, W.*
Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung
1992 · 67 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-55749-0
- 53 *Helmi, H.J.*
Ein Verfahren zur On-Line Fehlererkennung und Diagnose
1992 · 60 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-55750-4
- 54 *Lang, Ch.*
Wissensbasierte Unterstützung der Verfügbarkeitsplanung
1992 · 75 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-55751-2
- 55 *Schuster, G.*
Rechnergestütztes Planungssystem für die flexibel automatisierte Montage
1992 · 67 Abb. · 135 Seiten · ISBN 3-540-55830-6
- 56 *Bomm, H.*
Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum Investitionscontrolling komplexer Produktionssysteme
1992 · 87 Abb. · 195 Seiten · ISBN 3-540-55964-7
- 57 *Wendt, A.*
Qualitätssicherung in flexibel automatisierten Montagesystemen
1992 · 74 Abb. · 179 Seiten · ISBN 3-540-56044-0
- 58 *Hansmaier, H.*
Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung
1993 · 67 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-56053-2
- 59 *Dilling, U.*
Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch Wirtschaftssimulationen
1993 · 72 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56307-5

- 60 *Strohmayr, R.*
Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von Zubringeinrichtungen
1993 · 80 Abb. · 152 Seiten · ISBN 3-540-56652-X
- 61 *Glas, J.*
Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer Zellenrechnersoftware
1993 · 80 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-56689-5
- 62 *Stetter, R.*
Rechnergestützte Simulationstools zur Effizienzsteigerung des Industrierobereinsatzes
1994 · 91 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-56889-1
- 63 *Dirndorfer, A.*
Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage
1993 · 76 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-57031-4
- 64 *Wiedemann, M.*
Simulation des Schwingungsverhaltens spanender Werkzeugmaschinen
1993 · 81 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-57177-9
- 65 *Woenckhaus, Ch.*
Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-Layouptimierung
1994 · 81 Abb. · 140 Seiten · ISBN 3-540-57284-8
- 66 *Kummelsteiner, G.*
3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur Planung manueller Montagesysteme
1994 · 82 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.*
Simulationgestützte 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 simulationstestgestützten 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 *Rath, P.*
Programmierung und Simulation von Zellenabläufen in der Arbeitsvorbereitung
1995 · 51 Abb. · 130 Seiten · ISBN 3-540-58223-1
- 78 *Engel, A.*
Strömungstechnische Optimierung von Produktionssystemen durch Simulation
1994 · 69 Abb. · 160 Seiten · ISBN 3-540-58258-4
- 79 *Zäh, M. F.*
Dynamisches Prozeßmodell Kreissägen
1995 · 95 Abb. · 166 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 Produktionssystemen
1995 · 64 Abb. · 137 Seiten · ISBN 3-540-58869-8
- 85 *Simon, D.*
Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung und logistisches Störungsmanagement
1995 · 77 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-58942-2
- 86 *Nedeljkovic-Groha, V.*
Systematische Planung anwendungsspezifischer Materialflußsteuerungen
1995 · 94 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-58953-8
- 87 *Rockland, M.*
Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in Montageanlagen
1995 · 83 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-58999-6
- 88 *Linner, St.*
Konzept einer integrierten Produktentwicklung
1995 · 67 Abb. · 168 Seiten · ISBN 3-540-59016-1
- 89 *Eder, Th.*
Integrierte Planung von Informationssystemen für rechnergestützte Produktionssysteme
1995 · 62 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-59084-6
- 90 *Deutsche, U.*
Prozeßorientierte Organisation der Auftragsentwicklung in mittelständischen Unternehmen
1995 · 80 Abb. · 188 Seiten · ISBN 3-540-59337-3
- 91 *Dieterle, A.*
Recyclingintegrierte Produktentwicklung
1995 · 68 Abb. · 146 Seiten · ISBN 3-540-60120-1

- 92 *Hechl, Chr.*
Personalorientierte Montageplanung für komplexe und variantenreiche Produkte
1995 · 73 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60325-5
- 93 *Albertz, F.*
Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen - Gestellstrukturen
1995 · 83 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-60608-8
- 94 *Trunzer, W.*
Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgesensoren
1996 · 101 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-60961-X
- 95 *Fichtmüller, N.*
Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme
1996 · 83 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-60960-1
- 96 *Trucks, V.*
Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen
1996 · 64 Abb. · 141 Seiten · ISBN 3-540-60599-8
- 97 *Schäffer, G.*
Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme
1996 · 71 Abb. · 170 Seiten · ISBN 3-540-60958-X
- 98 *Koch, M. R.*
Autonome Fertigungszellen - Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung
1996 · 67 Abb. · 138 Seiten · ISBN 3-540-61104-5
- 99 *Moctezuma de la Barrera, J.L.*
Ein durchgängiges System zur computer- und rechnergestützten Chirurgie
1996 · 99 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-61145-2
- 100 *Geuer, A.*
Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung
1996 · 84 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-61495-8
- 101 *Ebner, C.*
Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement unter Verwendung von Felddaten
1996 · 67 Abb. · 132 Seiten · ISBN 3-540-61678-0
- 102 *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.*
Simulationsgestützte Kostenanalyse in produktorientierten Fertigungsstrukturen
1997 · 63 Abb. · 129 Seiten · ISBN 3-540-62794-4
- 108 *Krönert, U.*
Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitsuche und Standardisierung
1997 · 53 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-63338-3
- 109 *Pfersdorf, I.*
Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur Organisation des industriellen Service
1997 · 74 Abb. · 172 Seiten · ISBN 3-540-63615-3
- 110 *Kuba, R.*
Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion
1997 · 77 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-63642-0
- 111 *Kaiser, J.*
Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozess mit Produktmodellen
1997 · 67 Abb. · 139 Seiten · ISBN 3-540-63999-3
- 112 *Geyer, M.*
Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und Arbeitssystemgestaltung
1997 · 85 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-64195-5
- 113 *Martin, C.*
Produktionsregelung - ein modularer, modellbasierter Ansatz
1998 · 73 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-64401-6
- 114 *Löffler, Th.*
Akustische Überwachung von automatisierter Fügeprozesse
1998 · 85 Abb. · 136 Seiten · ISBN 3-540-64511-X
- 115 *Lindermeier, R.*
Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen
1998 · 84 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-64686-8
- 116 *Koehler, J.*
Prozeßorientierte Teamstrukturen in Betrieben mit Großserienfertigung
1998 · 75 Abb. · 185 Seiten · ISBN 3-540-65037-7
- 117 *Schuller, R. W.*
Leitfaden zum automatisierten Auftrag von hochviskosen Dichtmassen
1999 · 76 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-65320-1
- 118 *Debuschewitz, M.*
Integrierte Methodik und Werkzeuge zur herstellungsorientierten Produktentwicklung
1999 · 104 Abb. · 169 Seiten · ISBN 3-540-65350-3
- 119 *Bauer, L.*
Strategien zur rechnergestützten Offline-Programmierung von 3D-Laseranlagen
1999 · 98 Abb. · 145 Seiten · ISBN 3-540-65382-1
- 120 *Pflob, E.*
Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
1999 · 69 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-65525-5
- 121 *Spitznagel, J.*
Erfahrungsgleitethe Planung von Laseranlagen
1999 · 63 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-65896-3

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@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 3-931327-06-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten · ISBN 3-931327-07-9
- 8 **Qualitätsmanagement - der Weg ins 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 Dichtungs montage 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**
133 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 · Strukturndynamik von Werkzeugmaschinen**
161 Seiten · ISBN 3-89675-070-4
- 71 **Klebtechnik · Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten**
ISBN 3-89675-071-2 · vergriffen
- 72 **Fabrikplanung 2004 · Erfolgsfaktor im Wettbewerb · Erfahrungen – Werkzeuge – Visionen**
ISBN 3-89675-072-0 · vergriffen
- 73 **Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion · Erwartungen – Erfahrungen – Entwicklungen**
179 Seiten · ISBN 3-89675-073-9
- 74 **Virtuelle Produktionssystemplanung · Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik**
133 Seiten · ISBN 3-89675-074-7
- 75 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 76 **Berührungslose Handhabung · Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle**
95 Seiten · ISBN 3-89675-076-3
- 77 **ERP-Systeme · Einführung in die betriebliche Praxis · Erfahrungen, Best Practices, Visionen**
153 Seiten · ISBN 3-89675-077-7
- 78 **Mechatronik · Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen**
155 Seiten · ISBN 3-89675-078-X
- 79 **Produktionsmanagement**
267 Seiten · ISBN 3-89675-079-8
- 80 **Rapid Manufacturing · Fertigungsverfahren für alle Ansprüche**
154 Seiten · ISBN 3-89675-080-1
- 81 **Rapid Manufacturing · Heutige Trends – Zukünftige Anwendungsfelder**
172 Seiten · ISBN 3-89675-081-X
- 82 **Produktionsmanagement · Herausforderung Variantenmanagement**
100 Seiten · ISBN 3-89675-082-8
- 83 **Mechatronik · Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen**
160 Seiten · ISBN 3-89675-083-6
- 84 **Virtuelle Inbetriebnahme · Von der Kür zur Pflicht?**
104 Seiten · ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 **3D-Erfahrungsforum · Innovation im Werkzeug- und Formenbau**
375 Seiten · ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 **Rapid Manufacturing · Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung**
162 Seiten · ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 **Produktionsmanagement · Schlank im Mittelstand**
102 Seiten · ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 **Mechatronik · Vorsprung durch Simulation**
134 Seiten · ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 **RFID in der Produktion · Wertschöpfung effizient gestalten**
122 Seiten · ISBN 978-3-89675-089-1

Forschungsberichte iw b

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

Forschungsberichte iw b 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 Mößmer, 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 Kugelmann, 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 Partnerverbänden
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 Schliffenbacher, 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 Sprenzel, 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 Teilebereitstellung
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 Fährer
Ganzeitliche 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 Schraubverbindungen 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 telepräsenster 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 · 67 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 Berlak
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 Schlickerieder
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 Verfahrbewegungen
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