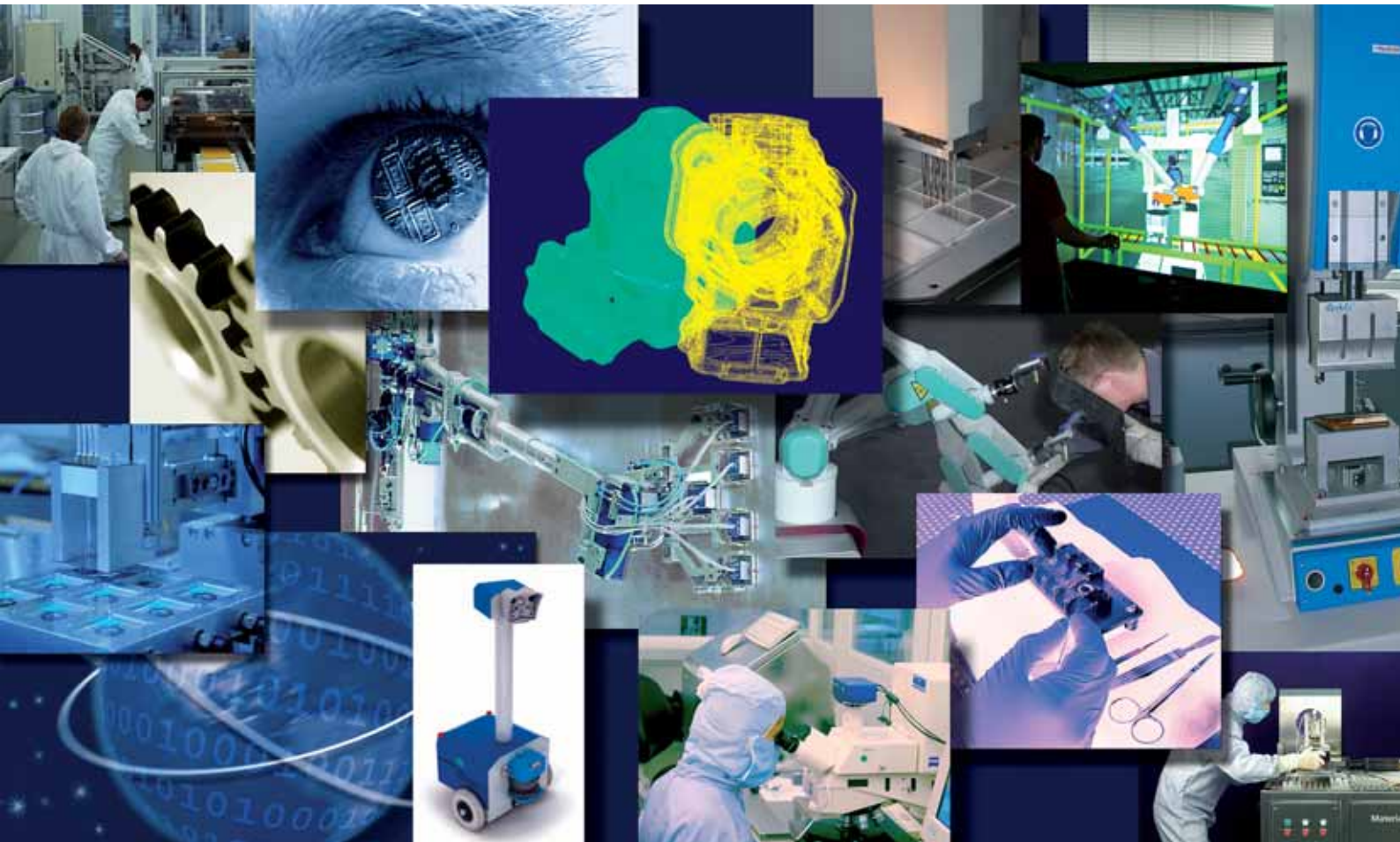
IPA

Fraunhofer Institut
Produktionstechnik und
Automatisierung

Jahresbericht 2007



Jahresbericht 2007
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Fraunhofer-Institut
für Produktionstechnik und
Automatisierung IPA

Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h.
Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult.
Engelbert Westkämper

Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Postfach 800469
70504 Stuttgart

Telefon: +49(0)711/970-00
Telefax: +49(0)711/970-1399

Internet: www.ipa.fraunhofer.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort **6**

Kuratorium **7**

Das Institut im Profil **8**

Versuchsfelder und Laboratorien des Instituts **8**

Organigramm **9**

Das Institut in Zahlen **9**

Der Maschinenbau boomt **10**

Produkt- und Qualitätsmanagement **12**

Zielgerichtete Einbindung der Anforderungen der RoHS-Richtlinie in operative Prozesse im Geschäftsbereich Nano Technology Systems von Carl Zeiss SMT 13

Erstellung einer umweltbezogenen Anbietererklärung nach DIN EN 14021 15

Lean Management bei der Fa. Georg Kohl – 5S als erster Baustein der Reorganisation 16

»Voice-CAQ-API«: Anwendungsstandard für die Sprachsteuerung und -eingabe bei CAQ-Systemen 17

Funktionale Sicherheit DIN EN 61508 18

Fabrikplanung und Produktionsmanagement **19**

Werkserweiterungsplanung für die Aerzener Maschinenfabrik 20

Wertstromoptimierte Montage von Fahrmischern am Standort Deutschland 22

Die Plansee Metall GmbH wächst und erweitert den Standort Reutte 24

Standortvergleich und Integrationsplanung für eine hochmoderne Roboterlackieranlage für PKW-Kunststoffteile 26

Simulation eines Transport- und Palettierungssystems 27

Ein neuer Standard für die deutsche Industrie: Wertstromdesign 28

Unternehmenslogistik **29**

ILIPT – Build to order in der Automobilindustrie 30

Konzeption neuer Materialbereitstellungsprinzipen in der Montage am Beispiel eines Maschinen- und Anlagenbauers 32

Schlankes Auftragsmanagement – Reengineering und Optimierung der Produktionsprozesse in der HOMAG-Gruppe 34

Robotersysteme **36**

Inkrementelle Blechumformung
Innovative matrizenfreie inkrementelle Blechumformung mit Industrieroboter 37

Konsumgüter sicher im Griff
Aufwälzgreifer flexibilisiert Intralogistik 39

Computerunterstützte Rekonfiguration von Automatisierungssystemen 41

»DESIRE«: Verteilte Software-Entwicklung in der Robotik – ein Integrations- und Testframework 43

Der kognitive Robot-Compagnion 45

Roboter verlegen Türdichtungen in der Automobilindustrie 47

Flexible Montage durch Mensch-Roboter-Kooperation 49

Produktions- und Prozessautomatisierung **51**

Minibioreaktoren für die Bioprozessentwicklung der Zukunft 52

C-Vis – Endoskopisches System zur intraoperativen Tumordetektion 54

Vernetzung und Automatisierungstechnik?
Die Gruppe Vernetzte Systeme 55

Sensor zur Messung der Wasseraktivität 56

Reinst- und Mikroproduktion **57**

Dosieren viskoser Medien im Minimalmengenbereich (µl – nl – pl) 58

Qualifizierung – Zertifizierung von Anlagen, Geräten und Betriebsmitteln 60

Abstimmung und Verhandlung bei der Enterprise Application Integration (EAI) in der Hightech-Produktion 62

Selbstmontage von Kleinst-Chips mit Flüssigkeiten 64

Industrieverbund Montagesauberkeit 65

Modularer mikrofluidischer Baukasten 66

Der CO_2-Injektor – Reinigungslösung für Bohr- und Sacklöcher 68

Dünnschicht-Photovoltaik auf dem Vormarsch 70

Technische Informationsverarbeitung 72

Vollständig Messen und Prüfen mit 3-D-Röntgen-Computertomographie 73

SmartVision: dreidimensionales Sehen mit Laufzeitkameras 76

»Nextep« Die neue Generation der Oberschenkelprothese 78

Röntgenbasierte Computertomographie als industrielles 3-D-Messmittel 80

Lackiertechnik 82

Bauteilgerechte Reinigung durch Unterstützung von Simulationsverfahren 83

Produktionsgerechte Spritzprozesse für Nanobeschichtungen 85

Schnelle Aufschmelz- und Vernetzungsprozesse für kompakte Pulverbeschichtungsanlagen 87

Schichttechnik 90

Prüfstand für galvanische Schichten und Beschichtungselektrolyte 91

Prüfverfahren für Tribokorrosion von Schichten in medizintechnischen Anwendungen 93

Fraunhofer-Projektgruppe für Produktions- und Logistikmanagement PPL 95

Automotive-Multi-Customer-Supplier-Parks – intelligent und kostenschonend 95

Optimierung der Materialversorgung für einen Energieversorger in Osteuropa 97

Wertstromoptimierte Montagegestaltung 98

Lean Operations in der Automobilindustrie 99

Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation 100

Fraunhofer-Projektgruppe Zilina 102

Lean Six Sigma und Innovationen 102

Anwendungszentrum Rostock 104

Identifikation von Produktivitätssteigerungspotenzialen in der schiffbaulichen Flachpaneelfertigung mithilfe des Wertstroms 104

Automatische Roboterprogrammierung in der Mikropaneelfertigung mithilfe von 3-D-Sensordaten 105

Schiffbauliche Endmontage – Reduzierung von Nacharbeiten durch alternative Fügetechnologien 107

Daten und Ereignisse 109

Ehrungen und Preise 112

Gremien 118

Messen 121

Veranstaltungen 122

Erteilte Patente, Gebrauchsmuster und Marken 124

Promotionen 125

Gastwissenschaftler und Stipendiaten 125

Fachinformation und Bibliothek 126

Tagungen, Bücher und Dissertationen 127

Artikel in Fachzeitschriften 131

Weitere Publikationen (Konferenzbeiträge, Vorträge, Poster) 134

Buchbeiträge 149

Zeitschriften (Herausgeberschaft) 152

Impressum 154

Vorwort

Prof. Alexander Verl Prof. Engelbert Westkämper

Veränderungen und Aufschwung spürbar

Konjunkturzyklen gehören zum Wesen einer Volkswirtschaft. Ihr Auf und Ab prägen und beeinflussen viele Bereiche und Gebiete unserer Gesellschaft. Auch wir bekommen dies zu spüren. Das Jahr 2007 war nach Aussage des VDMA-Präsidenten Manfred Wittenstein für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau eines der erfolgreichsten in der Nachkriegsgeschichte. Mehr dazu im Interview mit Manfred Wittenstein auf den Seiten 10 bis 11.

Die Projektanfragen aus der Industrie haben im Jahr 2007 für das Fraunhofer IPA zugenommen. Bei einem Betriebshaushalt von 26,5 Mio Euro konnten wir den Industrieanteil um 11 Prozent gegenüber dem Vorjahr steigern.

Der vorliegende Jahresbericht stellt aus unseren drei Bereichen Unternehmensorganisation, Automatisierung und Oberflächentechnik die wichtigsten Forschungsaktivitäten des vergangenen Jahres 2007 dar. Dabei geben die Berichte natürlich nur einen repräsentativen Ausschnitt wieder. Die Forschungsaktivitäten sind de facto breit gefächert und natürlich den besonderen Anforderungen des jeweiligen Kunden angepasst.

Antrieb und Motor dieser Forschungsaktivitäten sind vor allem die Innovationen, die direkt am Institut entstehen. Zum Innovationspreis 2007 wurden wieder interessante Themen ins Rennen geschickt. Über die preisgekrönten Themen können Sie auf den Seiten 113 bis 115 mehr erfahren. Auch die Vergabe von internationalen Preisen, z. B. den Engelberger Award an unseren Abteilungsleiter Martin Hägele, zeigt, dass die Forschungsaktivitäten unseres Instituts auch international beachtet und honoriert werden.

Das Jahr 2007 war auch von personellen Veränderungen geprägt. So schied Anfang des Jahres Institutsleiter Professor Rolf Dieter Schraft nach über 30-jähriger Tätigkeit am Institut in den Ruhestand aus – im Jahresbericht 2006 haben wir über das berufliche Wirken von Prof. Schraft ausführlich berichtet.

Wir danken den Mitarbeitern des Instituts sowie unseren Kunden und Kooperationspartnern für die exzellente Zusammenarbeit im vergangenen Jahr und freuen uns auf den weiteren Dialog mit Ihnen.

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper

Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl

Kuratorium

Vorsitzender

Dr.-Ing. Jürgen M. Geißinger

INA-Holding Schaeffler KG
Vorsitzender der Geschäftsleitung
Industriestr. 1–3
91074 Herzogenaurach

Mitglieder

Dipl.-Kfm. Thilo Brodtmann

VDMA
Stellvertretender Hauptgeschäftsführer
Geschäftsführer Fachverband
Robotik + Automation
Geschäftsführer Fachverband Productronic
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

RDin Dipl.-oec. Susanne Clobes

Bundesministerium für
Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Produktionssysteme und -technologien
Heinemannstraße 2
53175 Bonn

Dr.-Ing. e. h. Peter Drexel

Siemens Automation and Drives
Bereichsvorstand
Gleiwitzer Straße 555
90475 Nürnberg

Olaf Dunkler

Daimler AG
Centerleiter der Logistik (E2)
Produktionsplanung Fahrzeuge
HPC: B650
76432 Rastatt

Dipl.-Kfm. Jürgen Gießmann

M + W Zander Holding AG
Vorsitzender des Vorstands
Lotterbergstr. 30
70499 Stuttgart

MinRätin Dr. Ehrentraud Graw

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
Referatsleiterin
Produktionstechnik und Mobilität
Postfach 10 34 51
70029 Stuttgart

Dr.-Ing. e. h. Bernhard Kapp

Kapp & Co. Werkzeugmaschinenfabrik
Geschäftsführer
Postfach 21 44
96410 Coburg

Dr. Lutz Kühne

BMW AG
Leiter Antriebs- und Fahrwerksysteme
Petuelring 130
80788 München

Dipl.-Ing. Günter Modrich

Albblickweg 5
73560 Böbingen a. d. R.
ehemals Hensoldt AG Zeiss Gruppe
Vorstand

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. e. h. Otto H. Schiele

AiF
Vizepräsident
Klausenbergweg 4
67433 Neustadt/Weinstraße

Dr.-Ing. Thomas Wagner

Robert Bosch GmbH
Executive Vice President
Corporate Purchasing – Asia (CP/EA)
Postfach 106050
70049 Stuttgart

Dipl.-Ing. Manfred Wittenstein

Wittenstein AG
Vorsitzender des Vorstands
Walter-Wittenstein-Str. 1
97999 Igersheim

Prof. Dr. rer. pol. Erich Zahn

Betriebswirtschaftliches Institut
der Universität Stuttgart
Inhaber des Lehrstuhls für
Allgem. Betriebswirtschaftslehre und
Strategisches Management
Keplerstr. 17/VII
70174 Stuttgart

Gäste

Dipl.-Ing. Erich Herion

Geschäftsführer barcontrol
Herion & Rau Fluidtechnik GmbH
Zeppelinstraße 6
71083 Herrenberg

MinRat i. R. Alfred Koeppe

Klingenstr. 17
70771 Leinfelden-Echterdingen
ehemals Wirtschaftsministerium
Baden-Württemberg
Referatsleiter Metallindustrie,
Fertigungs- und Kommunikationstechnik

Prof. em. Dr.-Ing. Prof. h. c. mult. Dr. h. c. mult. Dr.-Ing. e. h. Hans-Jürgen Warnecke

Max-Caspar-Str. 77
71263 Weil der Stadt
ehemals Institutsleiter Fraunhofer IPA,
ehemals Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Rolf Dieter Schraft

Hildebrandstr. 11
70191 Stuttgart
ehemals Institutsleiter Fraunhofer IPA

Versuchsfelder und Laboratorien des Instituts

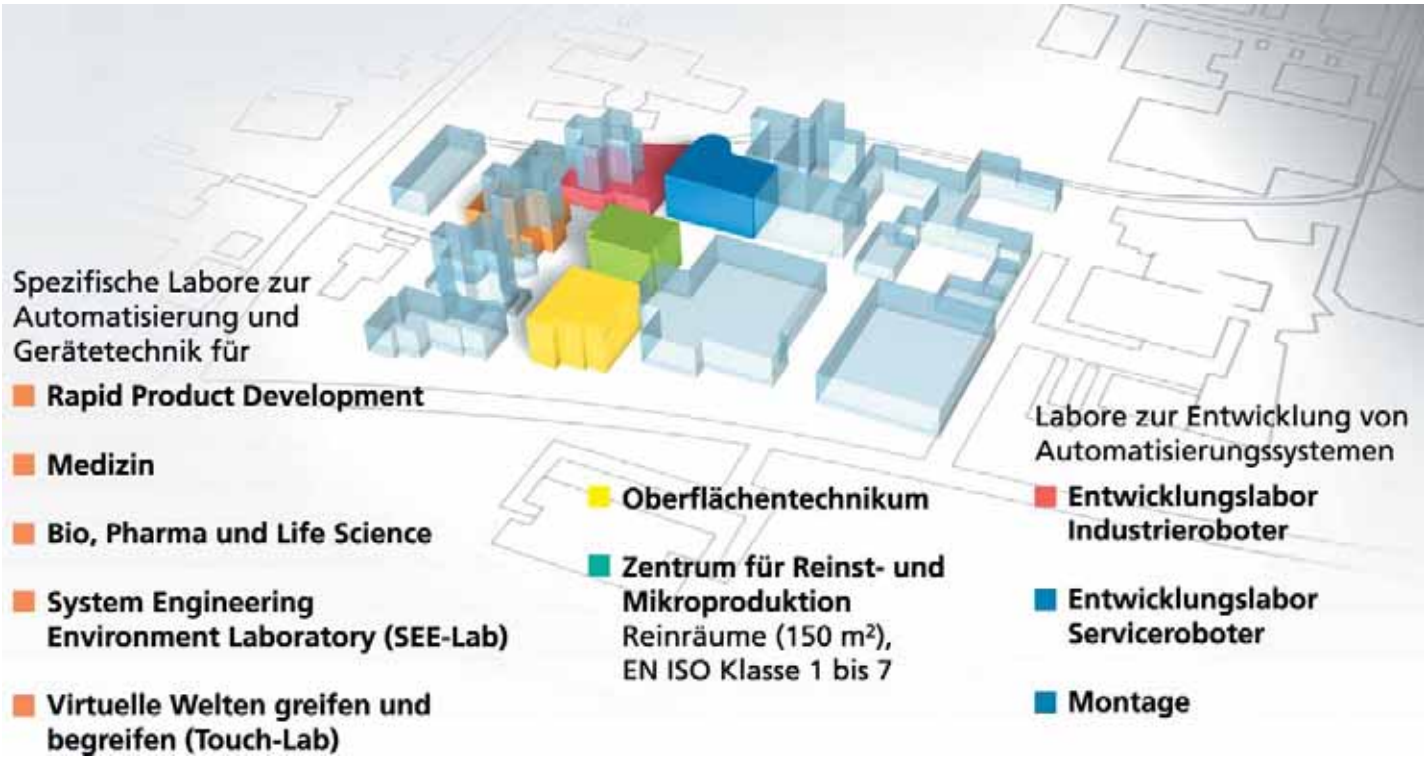
Organisatorische und technologische Aufgabenstellungen aus dem Produktionsbereich von Industrieunternehmen bilden die Schwerpunkte der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Hinzu kommen auch Aufgabengebiete, die sich aus den Entwicklungen und Veränderungen im Dienstleistungssektor ergeben.

Ziel der Forschungs- und Entwicklungsprojekte ist es, Automatisierungs- und Rationalisierungspotenziale in den Unternehmen aufzuzeigen und auszuschöpfen, um mit kostengünstigeren und umweltfreundlichen Produktionsabläufen sowie verbesserten Produkten unsere internationale Wettbewerbsfähigkeit zu stärken und die Arbeitsplatzsituation zu verbessern.

Verwirklicht wird diese Zielsetzung, indem Methoden, Komponenten und Geräte bis hin zu kompletten Maschinen und Anlagen vom Fraunhofer IPA entwickelt, erprobt und exemplarisch eingesetzt werden. Dieses Engagement wird zum überwiegenden Teil im Auftrag von Unternehmen durchgeführt. Daneben werden Projekte bearbeitet, die im Rahmen öffentlicher Forschungsprogramme gefördert werden.

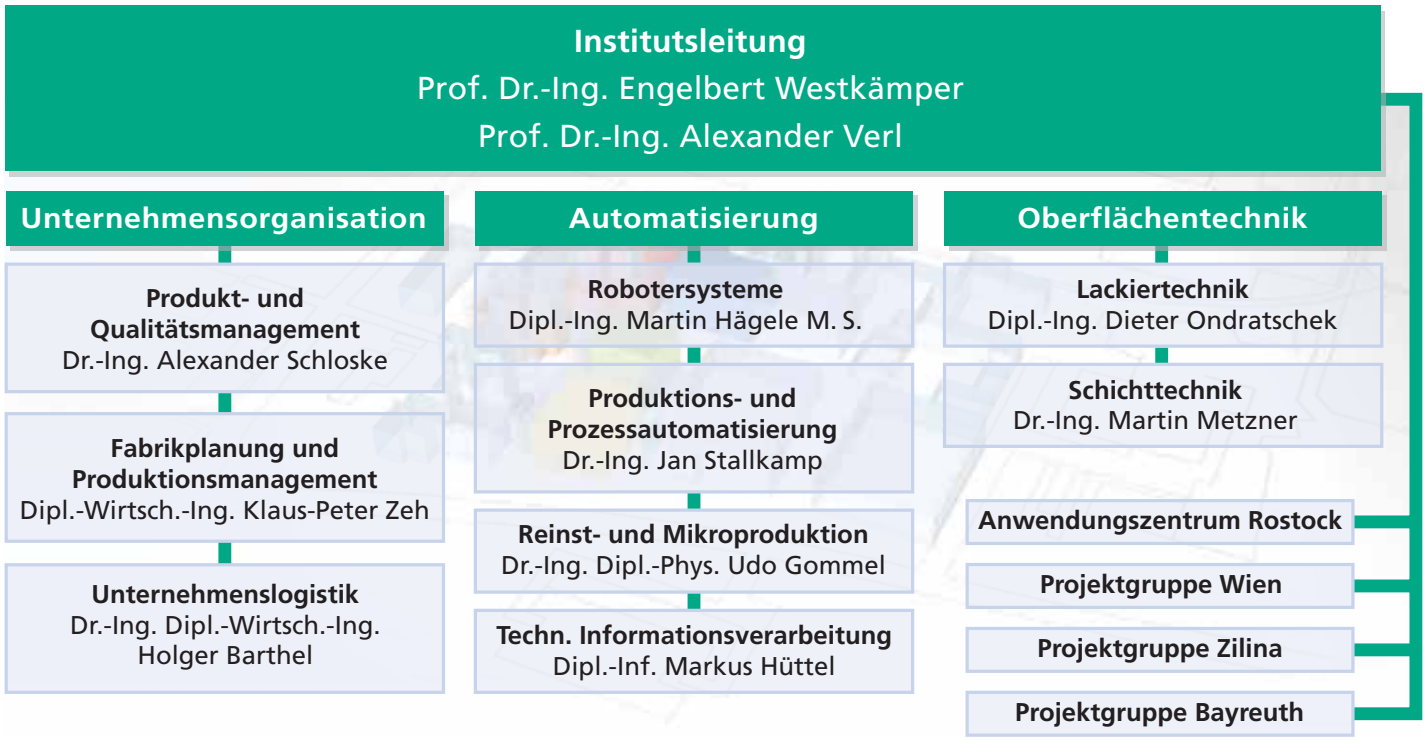
Die langfristigen, strategischen Aspekte der Forschung, deren Umsetzung Industrieunternehmen zugute kommt, werden innerhalb der Forschungsprogramme des BMBF, der DFG und der Europäischen Gemeinschaft bearbeitet.

Das Fraunhofer IPA stellt sich allen produktionstechnischen Fragestellungen mit seinem Know-how, seiner langjährigen Erfahrung und seiner personellen sowie technisch-technologischen Ausstattung. Bereichs- und fachgebietsübergreifende Lösungen werden von insgesamt neun Abteilungen entwickelt.



Organigramm

Das Institut in Zahlen



Stand: Februar 2008

Betriebshaushalt ohne Investitionen	**26,5 Mio €**
davon Wirtschaftserträge	14,5 Mio €
Personal:	
Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler	140
Administration und Labore	47
Wissenschaftliche Hilfskräfte	100
Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart	48
Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW), Universität Stuttgart	45

2007

Der Maschinenbau boomt

Manfred Wittenstein

Für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau war das Jahr 2007 ein weiteres »Jahr der Rekorde«. Die Produktion wuchs real um elf Prozent. Das Produktionsvolumen erreichte einen neuen Rekordwert von 181 Mrd Euro, ein Zuwachs von mehr als fünfzig Mrd Euro seit 2004. Der Branchenumsatz konnte 2007 um rund 13 Prozent real auf etwa 193 Mrd Euro gesteigert werden.

Hubert Grosser sprach mit dem Unternehmer Wittenstein, Präsident des VDMA und Mitglied des Kuratoriums des Fraunhofer IPA.

Grosser:
Herr Wittenstein, geht die Erfolgsgeschichte des Maschinen- und Anlagenbaus im Jahr 2008 so weiter?

Wittenstein:
Das vergangene Jahr war für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau eines der erfolgreichsten in der Nachkriegszeit. Aller Voraussicht nach, wenn die Abschlüsse alle berechnet sind, wird die reale Produktion um 11 Prozent zugelegt haben. Die Kapazitäten der Fabriken sind mit 92 Prozent enorm hoch ausgelastet. In diesem Jahr wird sich die Weltkonjunktur abschwächen. Außerdem müssen wir die Risiken stärker gewichten. Aus meiner Sicht gehören die realwirtschaftlichen Auswirkungen der Immobilien- und Finanzkrise ebenso dazu wie die hohen Rohstoffpreise und der inzwischen sehr teure Euro. Trotz allem rechne ich damit, dass die Produktion nochmals um 5 Prozent ausgeweitet werden kann.

Grosser:
Welche Fakten stimmen Sie hier optimistisch?

Wittenstein:
Wir haben ein erstklassiges Angebot an Maschinen und Anlagen in unseren Unternehmen. Wir erwarten zwar deutlich niedrigere Plusraten bei unseren Exporten in die Industrieländer, glauben aber an eine anhaltend starke Nachfrage aus Schwellenländern. Für den Inlandsabsatz haben wir niedrigere Wachstumsraten einkalkuliert. Denn hier fallen die aus steuerlichen Gründen vorgezogenen Käufe von Investitionsgütern ins Gewicht.

Grosser:
Kann die deutsche Industrie mit der Konkurrenz aus anderen Ländern mithalten?

Wittenstein:
Es ist in Deutschland sehr wohl möglich, industrielle Serienerzeugnisse und Vorprodukte für den Weltmarkt herzustellen. Wir sind keine Basar-Ökonomie, die sich lediglich darauf beschränkt, aus anderen Ländern zugelieferte Teile zu montieren und zunehmend Gefahr läuft, diese Montage an Billiglohnländer zu verlieren. Die deutsche Antriebstechnik hat beispielsweise ihr Produktionsvolumen seit 1997 verdoppelt und in dieser Zeit etwa zehntausend zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen. Die deutschen Maschinenbauer zeigen Tag für Tag, dass man in unserem Land mittels intelligenter Produkte und Prozesse Komplettmaschinen, Maschinenteile und -komponenten wettbewerbsfähig entwickeln, produzieren und in Deutschland sowie auf allen Weltmärkten erfolgreich verkaufen kann.

Grosser:
Dadurch werden stabile Arbeitsplätze geschaffen – ist hier der Maschinenbau Vorbild für andere Branchen?

Wittenstein:
Für mich als VDMA-Präsident ist es eine schöne Nachricht, dass unsere Branche im Jahr 2007 50 000 neue Arbeitsplätze geschaffen haben. Wir gehen zur Jahreswende 2007/2008 von 935 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus. Vier von zehn neuen Industrieplätzen gehen damit in Deutschland auf unser Konto. Der Anteil der Zeitarbeitskräfte in Bezug auf die Gesamtbeschäftigtenzahl inklusive Auszubildende lag im Oktober 2007 bei 4,8 Prozent. Das sind fast 500 000 Zeitarbeiter, die der deutsche Maschinenbau außerdem beschäftigt.

Grosser:
Ein großes Problem und damit ein Hemmschuh des Wachstums sind fehlende Fachkräfte. Was kann man dagegen tun, welche Strategien können Abhilfe schaffen?

Wittenstein:
Das ist schwer zu sagen. Wir werden aber unseren Teil dazu beitragen. Die Studentenzahlen in den ingenieur- und naturwissenschaftlichen Fächern steigen, wenngleich es in der Summe noch lange nicht ausreicht. Die Ausbildungsquote ist im Maschinenbau überdurchschnittlich hoch. Wir haben neue Berufsbilder begründet: sehr erfolgreich den Mechatroniker, und derzeit bringen wir den Beruf Produktionstechnologe auf den Weg. Wir können aber unsere Ingenieure nicht allein ausbilden. Da benötigen wir Hilfe anderer und es gibt noch sehr viel zu tun! In meinem Unternehmen habe ich eine Ausbildungsquote von 11 Prozent. Das heißt, von den 1250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sind 137 in einem Ausbildungsverhältnis. Auch mit Stipendien versuchen wir schon seit Jahren, junge Menschen in ihrem Studium zu unterstützen und natürlich diese auch an unser Unternehmen zu binden. Ein weiteres Beispiel und Engagement haben wir an der Berufsakademie Marbach geschaffen. Wir finanzieren und unterstützen den Studiengang Vertriebsingenieur.

Grosser:
Sind Sie mit der Unterstützung der Forschungsinstitute zufrieden oder könnte hier mehr getan werden?

Wittenstein:
Wir haben in Deutschland und hier speziell in Baden-Württemberg eine hervorragende Forschungslandschaft. Von der Grundlagenforschung über Drittmittelforschung an den Universitäten bis hin zu der praxis- und ergebnisorientierten Forschung der Fraunhofer-Institute haben wir einen bunten Strauß von Möglichkeiten und Kontakten. Dies ist ein Standortvorteil für Deutschland, den wir in Zukunft auf den internationalen Märkten sicherlich noch mehr einsetzen müssen.

Grosser:
Was wünschen Sie sich von der Regierung in Berlin?

Wittenstein:
Ich appelliere an die Bundesregierung, den wirtschaftlich erfolgreichen Kurs der Agenda 2010 mit Reformen weiter zu fahren. Zur Zeit entsteht allerdings der Eindruck, dass die Politik von diesem Weg mittlerweile weit abgekommen ist und sich – äußerst öffentlichkeitswirksam und »mal wieder« – den Kampf gegen vermeintlich zunehmende soziale Ungerechtigkeiten auf die Fahne geschrieben hat. Wenn das in den nächsten Jahren das Rahmenkonzept der Regierung ist, dann stellt sie die Weichen falsch für eine weitere wirtschaftlich erfolgreiche Fahrt in die Zukunft.

Grosser:
Herr Wittenstein, ich bedanke mich für das Gespräch.

Zur Person:
Manfred Wittenstein, Vorstandsvorsitzender der Wittenstein AG, ist seit 2007 Präsident des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA). In den Jahren 2004 bis 2007 war er Vizepräsident des VDMA, acht Jahre lang Mitglied des Hauptvorstands und seit fünf Jahren ist er Mitglied des engeren Vorstands.

Die Wittenstein AG hat innerhalb von zehn Jahren von 1996 bis 2006 den Umsatz von gut 12 Mio Euro auf jetzt 148 Mio Euro erhöht und beschäftigt heute über 1000 Mitarbeiter.

Produkt- und Qualitätsmanagement

Life-Cycle-Management (LCM) bietet den Unternehmen die Chance, auf den Märkten von morgen erfolgreich zu bestehen. Individuell auf die Unternehmen zugeschnittene Life-Cycle-Konzepte ermöglichen eine gesamtwirtschaftliche Optimierung der Produkte und Dienstleistungen hinsichtlich Kosten, Zeit, Umwelt und Qualität. Im Rahmen von Industrieprojekten unterstützen wir Unternehmen bei der Entwicklung und Optimierung der Produkte, Prozesse und Technologien sowohl über den gesamten Produktlebenszyklus als auch spezifisch innerhalb einzelner Phasen. Dabei berücksichtigen wir aktuelle Trends und lassen neue Erkenntnisse, die wir im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sammeln, bei der Gestaltung der Konzepte einfließen.

Das Spektrum der Abteilung Produkt- und Qualitätsmanagement umfasst zum Life-Cycle-Management folgende Themen:

- Innovations- und Technologiemanagement
- Integrierte Produkt- und Prozessentwicklung
- Qualitätsmanagement
- Schadstoffmanagement und Produktrecycling
- Wissens- und Kompetenzmanagement
- Methodenentwicklung und -anwendung

Die Abteilung Produkt- und Qualitätsmanagement hat aus diesem Themenspektrum im Jahre 2006 mehr als 150 Industrie- und Forschungsprojekte in den unterschiedlichsten Branchen erfolgreich bearbeitet. Die ausgewählten und im Folgenden kurz dargestellten Referenzprojekte geben nur einen kleinen Ausschnitt aus ihrem Tätigkeitsfeld wieder.

Im Bereich Innovationsmanagement stellen wir dar, wie Entwickler methodisch unterstützt zu marktgerechten Innovationen kommen können, die die Zukunftsfähigkeit der Unternehmen langfristig sichern. Forschungsergebnisse aus dem Bereich Technologiemanagement zeigen, wie kmU zukünftig in die Lage versetzt werden, mit Hilfe von Technologie-Roadmaps Technologieentwicklungen zielgerichtet voranzutreiben und das zugehörige Know-how aufzubauen. Aus dem Bereich Schadstoffmanagement informieren wir über Expertenforen, die gemeinsam mit Unternehmen Lösungsansätze zum Schadstoffmanagement erarbeiten, um neuen EU-Gesetzgebungen zukünftig gerecht zu werden. Und last but not least schreiben wir im Bereich Wissens- und Kompetenzmanagement über neue Organisationsformen und Instrumente zur Steuerung und effektiven Nutzung der Ressource »Wissen«.

Zielgerichtete Einbindung der Anforderungen der RoHS-Richtlinie in operative Prozesse im Geschäftsbereich Nano Technology Systems von Carl Zeiss SMT

Ausgangssituation

Die EU-RoHS-Richtlinie 2002/95/EG trat am 1. Juli 2006 in Kraft. Dies geschah ohne größeres Aufsehen und die meisten Verbraucher sind sich nicht einmal bewusst, dass diese Richtlinie überhaupt existiert. Dennoch hat diese von speziell eingerichteten Behörden streng überwachte Richtlinie wesentliche Auswirkungen auf die Elektro- und Elektronikindustrie. Sie schränkt die Verwendung von sechs Werkstoffen ein (Blei, Cadmium, sechswertiges Chrom, Quecksilber, PBB und PBDE) und beeinflusst wesentlich die Entwicklung und Herstellung von elektrischen und elektronischen Baugruppen und Komponenten. Werkstoffverwendungsrestriktionen treten nach und nach weltweit in Kraft (z. B. in China, Süd-Korea sowie in den USA und Kanada) und bewirken umfassende Umstellungen in der Materialzusammensetzung sowie den Herstellungsprozessen.

Doch wie lassen sich die Anforderungen der RoHS-Richtlinie effektiv in die operativen Prozesse einbinden ohne diese zu beeinträchtigen? Wie lassen sich die Werkstoffsubstitutionen mit den hohen Qualitätsanforderungen hochwertiger Industriegüter in Einklang bringen? Welche Risiken und welche Chancen sind damit verknüpft? Wie kann durch die Einführung der RoHS-Anforderungen eine bessere Vorbereitung auf kommende Umstellungen bei Lieferanten und Kunden erreicht werden? Mit diesen Fragen beschäftigt sich das Projekt »Zielgerichtete Einbindung der Anforderungen der RoHS-Richtlinie in operative Prozesse«, welches im Geschäftsbereich Nano Technology Systems (NTS) von Carl Zeiss SMT in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPA durchgeführt wird. NTS ist einer der führenden Hersteller von Partikelstrahlsystemen wie Raster- und Transmissionselektronenmikroskopen sowie Ionenmikroskopen für die Nanotechnologien, die Halbleiterindustrie, Life Sciences und Materialwissenschaften.

Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die weltweit gelebte Verantwortung für Umwelt, Mitarbeiter und Gesellschaft sind Teil der Strategie im Geschäftsbereich Nano Technology Systems von Carl Zeiss. Aus dieser Unternehmensstrategie, in welcher die Einhaltung und Förderung der Grundsätze eines verantwortungsbewussten Wirtschaftens verankert sind, leitet sich das Gesamtziel des Projekts ab. Es besteht darin, die Stoffverwendungsrestriktionen, welche durch die RoHS-Richtlinie vorgegeben werden, in die relevanten operativen Prozesse entlang der Zulieferkette (vom Komponentenlieferant zum Gerätehersteller) nachhaltig zu integrieren.

Im Rahmen des Projekts bei NTS sollten bestehende Prozesse sowie Tools zum Datenmanagement dahingehend ergänzt werden, dass eine nachhaltige Implementierung erreicht wird, welche eine Erfüllung weltweit geltender Werkstoffrestriktionen ermöglicht. Darüber hinaus sollen existierende Referenzkonzepte aus der Elektro- und Elektronikindustrie genutzt werden, sowohl um die relevanten Prozesse (z. B. Beschichtungs- und Lötprozesse) möglichst effektiv und effizient umzustellen als auch die benötigten Daten für die Dokumentation auf Werkstoffebene ermitteln zu können. Des Weiteren sollen im unternehmensübergreifenden Kontext die Schnittstellen festgelegt werden, welche notwendig sind, um auch bei Zulieferern die RoHS-Konformität zu erreichen.

Projektbeschreibung

Das Projekt »Zielgerichtete Einbindung der Anforderungen der RoHS-Richtlinie in operative Prozesse bei Carl Zeiss NTS« umfasst insgesamt 7 Arbeitspakete. Die Gliederung der Projektstruktur orientiert sich an der Abteilungsstruktur, welche an der Implementierung der RoHS-Anforderungen maßgeblich beteiligt sind. Nach einer Bestandsaufnahme der Ist-Situation zu Projektbeginn wurden die notwendigen Aktivitäten festgelegt, um die gesetzten Ziele zu erreichen.

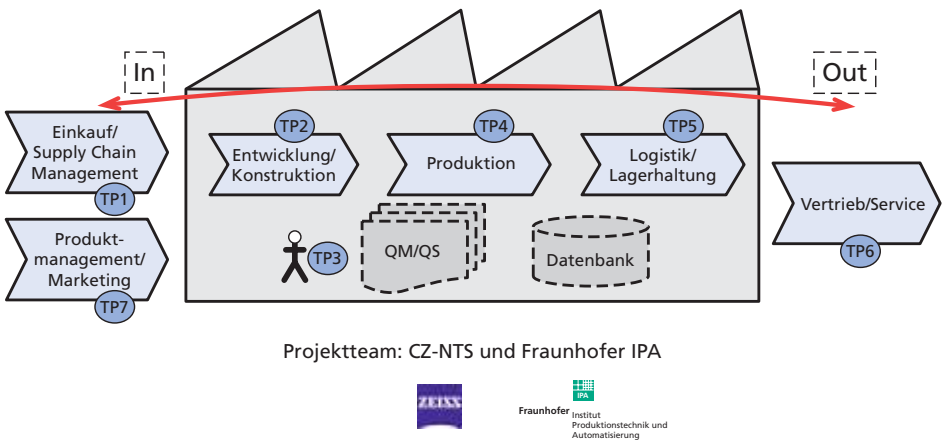


Bild 1 Übersicht über die Teilprojekte im RoHS-Projekt.

Bedingt durch die hohe Komplexität der Endgeräte sowie der Wertschöpfungsstruktur stehen vor allem die Bereiche Entwicklung und Konstruktion, Supply Chain Management sowie Qualitätsmanagement im Mittelpunkt der Umstellungsaktivitäten. Durch die Integration der Stoffverwendungsrestriktionen in Produktspezifikationen und Berücksichtigung dieser bei der Werkstoffauswahl und Gestaltung der Produktkomponenten sowie durch die Aufschlüsselung der Werkstoffzusammensetzung bis auf die »homogene Schicht« und Dokumentation in einem entwicklungsintegrierten Tool wird zunächst der Rahmen für die Umsetzung der RoHS-Anforderungen geschaffen. In diesem Rahmen kommen dem Lieferanten- und Qualitätsmanagement die Aufgabe zu, die Einhaltung der formulierten Anforderungen bei den Zulieferern sicherzustellen. Parallel dazu findet die Umsetzung in Produktion, Logistik und Service statt.

Im Projekt werden die Lösungsansätze zur operativen Einbindung der Werkstoffverwendungsrestriktionen in bestehende Prozesse in einem Leitfaden dokumentiert. Dieser Leitfaden orientiert sich an dem Umsetzungsvorschlag, welcher in dem IEC Management System QC 080000 (IECQ HSPM) »IEC Quality Assessment System for Electrical and Electronic Components and Products, Hazardous Substance Process Management System Requirements (HSPM)« formuliert ist.

Die informationstechnische Projektumsetzung hat die Schnittstellen im Informationsfluss bei der RoHS-Konformitätsaufklärung und Dokumentation sowie die benötigten Dateninhalte fokussiert. Ebenfalls sind die Risiken, die daraus erwachsen können, wenn die Bereitstellung von Konformitätsinformationen nicht wie gefordert stattfindet, beleuchtet worden. Das Dokumentationssystem, das im Rahmen des Projekts entstanden ist, ergänzt bestehende EDV-Systeme und dient anwendenden Stellen als Hilfsmittel bei der praktischen Implementierung der RoHS-Anforderungen. In den Fachbereichsdiskussionen, die im Projekt geführt wurden, sind die möglichen Risiken bei der Implementierung der Werkstoffsubstitution erfasst und die dazu notwendigen Lösungsansätze erstellt worden.

Ergebnisse und Nutzen

Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Aktivitäten haben zu einer Konsolidierung und Ergänzung bestehender Prozesse beigetragen. Die Werkstoffsubstitutionen gehen mit technologischen Adaptionen einher, wodurch die Umstellungsaktivitäten zur Implementierung eines prozessorientierten technologischen Fortschritts geführt haben. Im Projekt sind wichtige Schritte auf dem Weg eines nachhaltigen Produktdesigns gemacht worden, und somit wird ein maßgeblicher Beitrag zur Ressourcenschonung und zum umweltbewussten Handeln geleistet.

Durch die festgelegte Vorgehensweise und das implementierte Dokumentationssystem wird die Einhaltung rechtlicher Bestimmungen sowie deren Verifikation und Kontrolle sichergestellt.

Der Leitfaden zum Projekt dokumentiert die Vorgehensweise, Lösungsansätze, Methoden und Risiken bei der praktischen Umsetzung der Werkstoffverwendungsrestriktionen. Er beinhaltet eine Zusammenfassung der durchgeführten Aktivitäten, der gewonnen Erkenntnisse und »lessons learnt« aus den Expertengesprächen, welche im Projekt stattgefunden haben und dient als Handlungsanleitung bei der Implementierung der RoHS-Anforderungen. Durch den bei Carl Zeiss NTS eingeführten Ablauf wird die Möglichkeit geboten, die Erfüllung von Umweltanforderungen und deren Einbindung in operative Prozesse über die Projektlaufzeit hinaus zu überprüfen und kontinuierlich zu verbessern.

Erstellung einer umweltbezogenen Anbietererklärung nach DIN EN 14021

Ausgangssituation

In zunehmendem Maße werden umweltbezogene Anbietererklärungen von Unternehmen und Importeuren als Marketinginstrument erkannt. Aus diesem Grund wurde eine Norm zur Erstellung von Umweltaussagen (EN ISO 14021) definiert. Die EN ISO 14021 beschreibt den Prozess und die Anforderungen bei der Kennzeichnung von Produkten mit Umweltaussagen. Diese Norm besagt unter anderem auch, dass die jeweiligen Umweltaussagen überprüfbar sein müssen. Zur Bewertung der einzelnen Umweltaussagen können wiederum internationale oder nationale Normen verwendet werden. Bei einer Überprüfung der Energieeinsparung eines Schaltschrankkühlgeräts kann dies beispielsweise mit der Norm für Schaltschrankkühlgeräte (DIN 3168) erfolgen. Falls für den zu untersuchenden Umweltaspekt keine Norm vorhanden ist, so kann auch ein eigenes Verfahren entwickelt werden. Wenn eine Umweltaussage gemacht wurde, kann fakultativ ein Symbol zur Verdeutlichung genutzt werden.

Aufgabenstellung und Zielsetzung

Für die Produkte der Rittal GmbH & Co. KG sollten die relevanten Umweltaspekte überprüft und zu diesen jeweils Umweltaussagen getroffen werden. Eine Herausforderung bestand darin, dass für Umweltaussagen wie »Dauerhaft hoher Wirkungsgrad bei belasteter Umgebungsluft durch Nanotechnologie« keine vorhandene internationale oder nationale Norm zu Überprüfung genutzt werden konnte. In diesem Fall war es notwendig, Normen zu kombinieren und in ein neues Prüfungsverfahren zu integrieren. Die Aufgabe bestand also nicht darin, die jeweiligen Prüfungen durchzuführen, sondern in der Definition und der Dokumentation der Prüfungen.

Projektbeschreibung

Das Projekt wurde in vier Arbeitspunkte unterteilt. Zunächst wurde ein Projektplan zur Erstellung einer Umweltaussage nach EN ISO 14021 erarbeitet. Die Erstellung einer Umweltaussage mit einem Symbol erfordert die Zusammenarbeit eines interdisziplinären Teams. Voraussetzung dazu war die Koordination der Arbeit sowohl der Prüfinstitute als auch die der Graphiker und weiterer Parteien. Ziel der ersten Projektphase war daher ein konkreter Zeit- und Arbeitsplan, inklusive der Definition der Verantwortlichkeiten.

Nachdem der Projektplan erstellt worden war, wurden die konkreten Umweltaussagen formuliert. Die Formulierungen mussten im Einklang mit der EN ISO 14021 und der EN ISO 14020 stehen. Hier sind allgemeine Aussagen wie »umweltfreundlich« nicht erlaubt. Bei der Definition der Umweltaussagen war es darüber hinaus unerlässlich, auf die Überprüfbarkeit der Aussagen zu achten.

Im Folgenden wurde ein Prüfplan für die einzelnen Umweltaussagen erstellt. Hierzu zählt auch die Kombination bestehender Prüfungen oder die Erstellung neuer Prüfungspläne. Die von den Prüfinstituten durchgeführten Prüfungen wurden anschließend kontrolliert, dokumentiert und archiviert.

Abschließend wurde eine umfassende Dokumentation erstellt, um die Berichte jedem Interessierten zugänglich machen zu können. Die Dokumentation muss auch den allgemeinen Anforderungen an die Gestaltung eines Umweltkennzeichens genügen. Diese allgemeinen Grundsätze nach EN ISO 14020 sind weit umfangreicher und beinhalten auch weiterführende Aspekte.

Ergebnisse und Nutzen

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA unterstützte die Rittal GmbH & Co. KG bei der Erstellung einer umweltbezogenen Anbietererklärung nach EN ISO 14021. Die Umweltaussagen wurden zusammen mit dem Fraunhofer IPA entwickelt, um den ökologischen Nutzen spezifischer Rittal-Produkte zu beschreiben. Die Überprüfbarkeit der umweltbezogenen Anbietererklärungen wurde sichergestellt, indem reproduzierbare Bewertungsverfahren wie die DIN 3168 in Kombination mit dem Verschmutzungstest mit ASHRAE-Staub (ASHRAE-Standard 52.2) angewandt wurden. Diese kombinierten Prüfungen wurden von der DMT GmbH und dem TÜV NORD durchgeführt. Die umweltbezogenen Anbietererklärungen wurden schließlich mit Symbolen wie dem »Efficiency-Label« von Rittal verbildlicht. In Zukunft kann der Kunde von Rittal-Produkten somit den ökologischen Nutzen der spezifischen Produkte auf einen Blick erkennen.

Lean Management bei der Fa. Georg Kohl – 5S als erster Baustein der Reorganisation

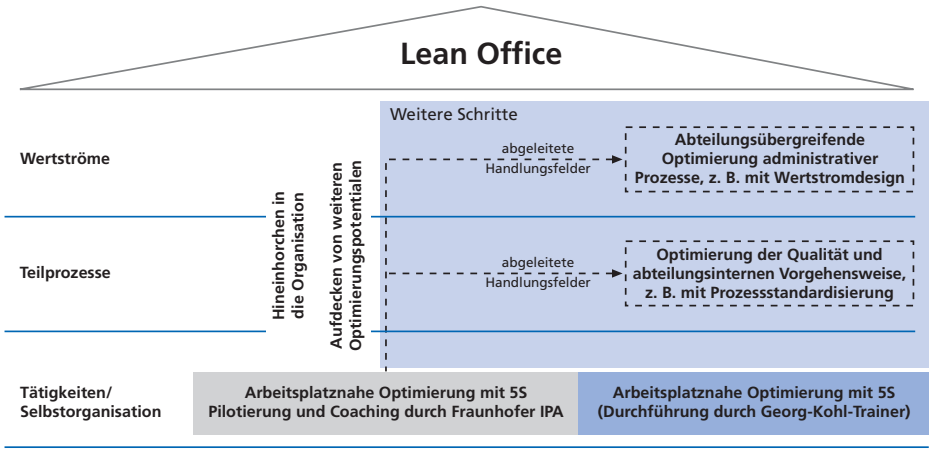


Bild 1 Das Lean-Office-Modell aus der Perspektive von 5S.

Ausgangssituation

Nach wie vor steht die Druckindustrie unter hohem Kostenzwang. Während die Kosten für Material und Rohstoffe steigen, sind die Preise für Druckleistungen seit längerem rückläufig. Besonders Unternehmen, die Produkte in großen Auflagen produzieren, stehen unter einem hohen internationalen Wettbewerbsdruck.

Aufgabenstellung

Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, hat die Firma Georg Kohl Datamanagement.Print unter dem Namen »Change2Future« ein umfangreiches Projekt ins Leben gerufen. Neben der Erschließung neuer Geschäftsfelder sollen vor allem Effizienzgewinne durch organisatorische Veränderungen in allen Unternehmensbereichen erzielt werden.

Der in drei Jahren zu realisierende organisatorische Wandel wird vom Fraunhofer IPA methodisch unterstützt und begleitet. Als gemeinsame Basis und Orientierungshilfe für die Organisationsentwicklung sollen die Prinzipien und Methoden des Lean Managements bzw. deren Adaptierung für die Bereiche Produktion und Administration dienen. Grundgedanke ist die Beseitigung von Verschwendung auf allen Ebenen. Erster Schritt und »Türöffner« für weitere Teilprojekte ist die Einführung und Verankerung eines 5-S-Programms.

Projektbeschreibung

Mitarbeiter können ihre Aufgaben nur dann richtig und effizient bewältigen, wenn sie auf ein gut organisiertes Arbeitsumfeld zurückgreifen können. Tägliche Arbeitsprozesse gehen häufig in Routine über, die aufgrund des Drucks im Tagesgeschäft nur selten hinterfragt wird. Unübersichtliche Arbeitsplätze, die Suche nach Unterlagen, Dateien oder Werkzeugen etc. kosten Zeit, was zu Lasten der produktiven Arbeit geht.

Die Lean-Methode 5S bietet eine strukturierte Vorgehensweise, die im Dialog insbesondere die operativen Mitarbeiter fordert, ihre individuelle Arbeitsorganisation zu überdenken.

Das 5-S-Programm beteiligt also die Mitarbeiter von Anfang an am Veränderungsprozess. Dabei dienen die 5S nicht als »Putzworkshops«, sondern müssen als Verbesserung der Arbeitsorganisation verstanden werden. Zudem sind die Workshops eine ideale Plattform, um Handlungsfelder für weitere Teilprojekte wie Wertstromdesign zu erschließen. Im Gespräch werden von den Mitarbeitern wertvolle Hinweise gegeben, wo die Ursachen für schlecht laufende Prozesse liegen könnten (s. Bild 1).

Um die Nachhaltigkeit sicherzustellen, wird das 5-S-Programm nach und nach für die gesamte Organisation umgesetzt. Zu diesem Zweck wurde ein entsprechendes Kommunikationskonzept entwickelt und eine Train-the-Trainer-Schulung durchgeführt.

Damit die organisatorischen und kulturellen Bedingungen der Firma Berücksichtigung finden, wurden bereits bestehende bzw. gelebte 5-S-relevante Regelungen und Standards aufgenommen und bei Bedarf ergänzt. Hierzu zählt z. B. die Entwicklung eines Corporate-Design-gerechten Visualisierungsstandards. Die Standards dienen als erste Orientierungshilfe und fixieren die unternehmensspezifischen 5-S-Ziele.

Ergebnisse und Ausblick

In der ersten Projektphase ist ein ganzheitliches 5-S-Konzept (Produktion und Administration) für die Organisation erarbeitet und ein entsprechender Trainerleitfaden erstellt worden. Neben den ersten Pilotworkshops wurden mit den Trainern darüber hinaus Coachings durchgeführt. Das Flächen-Rollout ist terminiert und wird in 2008 durch die internen Trainer betreut.

In den nächsten Schritten wird ein entsprechendes 5-S-Auditsystem entworfen und die Kopplung an einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess vorangetrieben.

Auftraggeber

Georg Kohl GmbH

»Voice-CAQ-API«: Anwendungsstandard für die Sprachsteuerung und -eingabe bei CAQ-Systemen

Ausgangssituation

Die Fortschritte der Sprachverarbeitung im Consumerbereich sind am mittlerweile breiten Einsatz von Sprachverarbeitungssystemen ablesbar, z. B. bei der telefonischen Bestellabwicklung bei Versandhäusern oder beim Telefonbanking. Im industriellen Umfeld kommen diese innovativen Technologien bisher kaum zum Einsatz.

Ziel des beschriebenen Projekts ist es, den Einsatz dieser fortschrittlichen Technologien im industriellen Bereich zu fördern. Die Fokussierung auf Systeme zur Unterstützung der Qualitätsaufgaben im Unternehmen (CAQ-Systeme) bietet eine realistische Testplattform für die Sprachverarbeitung.

Aufgabenstellung

Im Rahmen des vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg geförderten Verbundprojekts »Voice-CAQ-API«, kurz »VCA«, sollen für CAQ-Systeme eine Standardschnittstelle zur Anbindung von Spracherkennungssystemen geschaffen und gemeinsam mit den Anwendungspartnern spezifische Pilotanwendungen umgesetzt werden.

Projektbeschreibung

Für ein optimales Zusammenspiel von CAQ- und Sprachverarbeitungssystemen war eine Architektur zu definieren, die eine maximale Flexibilität bei der Wahl von CAQ- und IVR-Systemen erlaubt. Die Anbindung an die CAQ-Systeme erfolgt mittels einer auf dem SOAP-Standard (Simple Object Access Protocol) basierenden Application Programming Interface (API), das die Kontrolle über die Steuerung der Abläufe beim CAQ-System lässt. Die Einbindung und Ansteuerung der Interactive Voice Response-(IVR-) Systeme erfolgt mittels des VoiceXML-Standards.

Ergebnisse

Die Details der API wurden in enger Zusammenarbeit der Teilnehmer des Verbundforschungsvorhabens definiert und ein IVR-Abstraction-Layer definiert. Das am Fraunhofer IPA entwickelte VCA-Modul geht momentan in die Testphase, die – durch den konsequenten Einsatz von Internettechnologien – direkt mit den von den Partnern gewählten Beispielanwendungen stattfinden kann, ohne dass diese lokal IVR-Systeme installieren müssten. Die Voice-CAQ-API wird nach Abschluss des Forschungsvorhabens veröffentlicht werden.

Projektpartner

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, CAT GmbH, Dr. Eilebrecht SSE, QUIPSY QUALITY GmbH & Co. KG, Pickert & Partner GmbH, Sikom Software GmbH, solvtec GmbH

Laufzeit

Oktober 2007 – Januar 2008

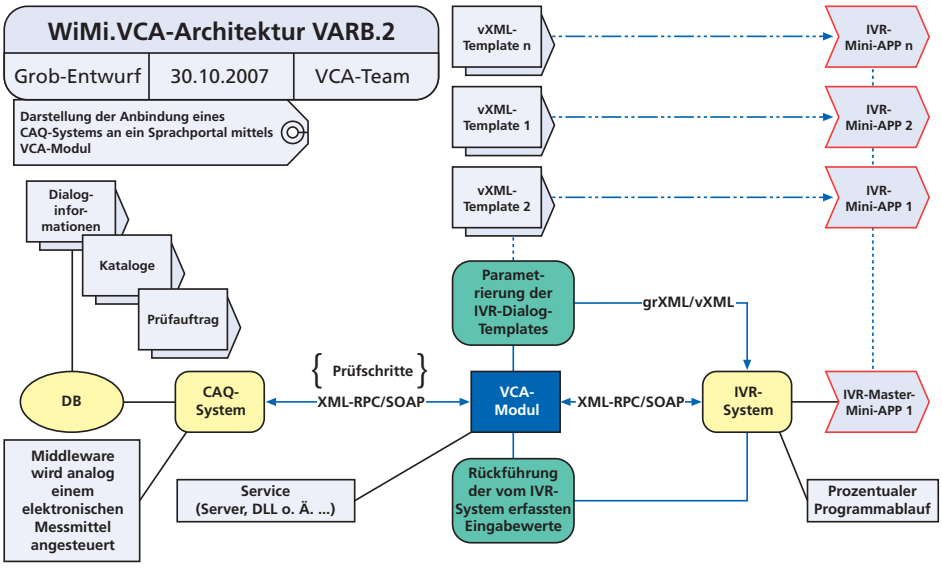


Bild 1 Architektur der Schnittstelle zw. CAQ- und Voice-Plattform.

Funktionale Sicherheit DIN EN 61508

Ausgangssituation

Dass Funktionen korrekt ausgeführt werden, gewährleistet die funktionale Sicherheit. Als ein Teil aller Sicherheitsaspekte eines Produkts oder einer Anlage wird sie zumindest teilweise auf Basis von elektrischen und elektronischen Technologien ausgeführt. Sicherheit kann in diesem Zusammenhang auf die Sicherheit von Personen und Umwelt sowie wesentliche finanzielle Auswirkungen bezogen werden.

Der zunehmende Einsatz von elektronischen Steuerungen und Überwachungsfunktionen für sicherheitsrelevante Anwendungen hat Normen zum Erreichen funktionaler Sicherheit notwendig werden lassen. Mit der Veröffentlichung der DIN EN 61508 als Sicherheitsgrundnorm im Jahre 1998 durch die IEC wurde die Standardisierung der industriellen Aktivitäten auf dem Gebiet der funktionalen Sicherheit branchenübergreifend in Gang gesetzt. Auf einzelne Branchen anzuwendende Bereichsnormen wie beispielsweise für den Automobilbau, die Prozessindustrie und für Medizinprodukte leiten sich daraus ab.

Stand der Technik

Mit wachsendem Komplexitätsgrad der Systeme steigt auch die zur Analyse notwendige Methodenkompetenz. Die zur Erfüllung der Anforderungen und zur Gewährleistung der funktionalen Sicherheit erforderlichen Kompetenzen und Kapazitäten überschreiten das übliche Maß erheblich. Die in der DIN EN 61508 empfohlenen Methoden zur Risikoanalyse können mit steigender Systemkomplexität die beabsichtigte Erleichterung einer möglichst lückenlosen Risikoanalyse oft nur begrenzt erfüllen. Eine vollständige Analyse der korrekten Ausführung von Sicherheitsfunktionen, ist mit dem heutigen Stand der Technik nicht sichergestellt. Die gesonderte Analyse von Fehlermöglichkeiten und deren Einfluss auf die korrekte Ausführung von Sicherheitsfunktionen unter Berücksichtigung zeitlicher Aspekte ist insbesondere bei einem hohen potenziellen Schadensausmaß sinnvoll.

Zusätzlich zur Methodenkompetenz muss die Verfügbarkeit erforderlicher Informationen und die Umsetzung von aufgedecktem Handlungsbedarf über die beteiligten Bereiche der Entwicklung hinaus sichergestellt werden. Für einen erfolgreichen und effizienten Methodeneinsatz ist die Festlegung von Zuständigkeiten und Befugnissen innerhalb der Organisationsstruktur des Unternehmens eine unabdingbare Voraussetzung.

Umsetzung im realen Projekt

Für die industrielle Anwendung ist es erforderlich, eine bedarfsorientierte Auswahl zu treffen und die Anwendung von Risikoanalysemethoden zu koordinieren. Dazu müssen die Schnittstellen und Übergabeparameter zwischen den Methoden definiert werden. Um Absicherungsfunktionen von elektronischen Systemen angemessen darzustellen und zu analysieren, wird mit einer auf der Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) aufbauenden Methode zur Untersuchung von Rückfallebenen anhand von Ereignisabläufen gearbeitet.

Aktuell werden Risikoanalysen insbesondere anhand von Steuergeräten mit Sicherheitsfunktionen und Absicherungskonzepten in Industrieprojekten für die Automobilindustrie und deren Zulieferer durchgeführt. Im Rahmen von Forschungsprojekten werden Risikoanalysemethoden auf den industriellen Bedarf hin kontinuierlich weiterentwickelt.

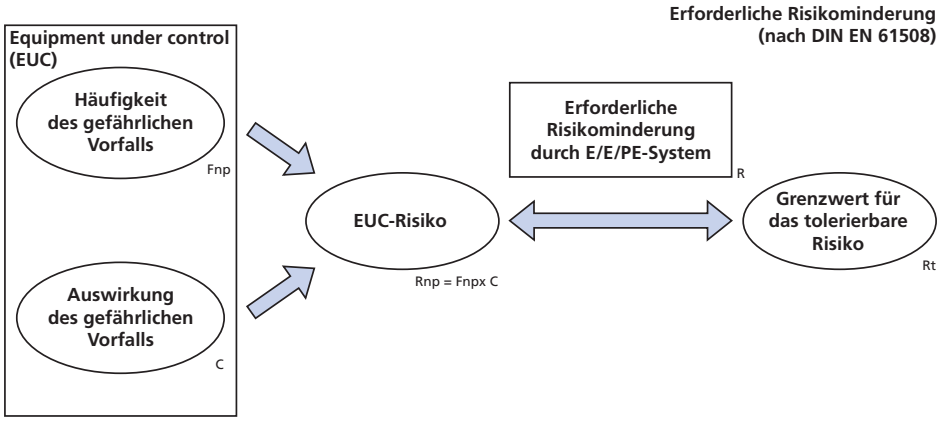


Bild 1 Erforderliche Risikominderung (nach DIN EN 61508).

Fabrikplanung und Produktionsmanagement

Wettbewerbsfähige Unternehmen müssen ihre Fabriken im Grenzbereich der technischen, logistischen und organisatorischen Möglichkeiten betreiben. Konstante Innovation und Anpassungsfähigkeit sind die Voraussetzungen für dauerhaften Erfolg. Mit unserem Gesamtangebot für Fabrikplanung und -betrieb unterstützen wir Sie bei folgenden Herausforderungen:

- Steigerung der Produktivität
- Reduzierung der Durchlaufzeiten
- Optimierung von Beständen
- Erhöhung der Verfügbarkeit von Ressourcen
- Förderung der Flexibilität

Um unseren Kunden den größtmöglichen Mehrwert zu bieten, kombinieren wir in unserem Leistungsangebot aktuelle Forschungserkenntnisse und neueste Planungsmethoden mit der langjährigen Erfahrung in Planung und Realisierung.

Unser Ansatz umfasst sowohl die Planung als auch die Optimierung des laufenden Fabrikbetriebs. Die Planung beginnt mit dem Vorausdenken zukünftiger Szenarien, umfasst die aktive und kooperative Partizipation aller Beteiligten und wird im Rahmen der Digitalen Fabrik zu einem kontinuierlichen Prozess, der die Grenze zwischen Planung und Betrieb überwindet. Dabei sind Standardisierung und Methodenintegration insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen notwendige Voraussetzungen für die schnelle Umsetzung eines effizienten Produktionsmanagements.

Dieser Herausforderung stellen wir uns! Mit neuesten Methoden und Werkzeugen betreiben wir ein aktives Chancenmanagement, um den Wettbewerbsvorsprung unserer Kunden nachhaltig zu sichern.

Werkserweiterungsplanung für die Aerzener Maschinenfabrik

Die Herausforderung

Bei Projektbeginn im Herbst 2005 stand die Aerzener Maschinenfabrik vor einer typischen Situation der Branche: Einerseits war in den zurückliegenden, konjunkturell eher schwachen Jahren nur zurückhaltend investiert worden. Andererseits sprachen die Prognosen für überaus starke Umsatzsteigerungen, was sich im Nachhinein auch als sehr richtig erwiesen hat.

In dieser Ausgangssituation ergab sich für das Fabrikplanungsteam des Fraunhofer IPA gemeinsam mit den Planungsexperten bei Aerzener die Projektaufgabe einer Werkserweiterungsplanung zur Steigerung der Produktionskapazität für Gebläse und Verdichter um 70 Prozent bis zum Jahr 2010. Dazu war zunächst als Grundlage für Detailplanungen ein neues Fabrikkonzept für das gesamte Werk in Aerzen zu entwickeln.

Zur Zielerreichung hat das Fraunhofer IPA ein Vorgehen in drei Hauptschritten vorgeschlagen. Dabei war neben der fachlichen Expertise auch eine besondere Integrationskompetenz gefragt, um zunächst stark unterschiedliche Auffassungen der beteiligten Experten bei Aerzener zu guten, von allen akzeptierten Lösungen zu führen.

Schritt 1
: Strukturierung der gesamten Fabrik durch Bildung von Produktfamilien mit dem Ziel der Bildung von Segmenten

Schritt 2
: Idealplanung zur Ermittlung des Kapazitäts- und des Flächenbedarfs für die Fabrik im Jahr 2010

Schritt 3
: Realplanung mit Anordnung der dimensionierten Flächenelemente in den bestehenden Hallen auf dem Werksgelände sowie der Planung eines erforderlichen Neubaus. Dazu Planung der Umsetzungsreihenfolge sowie Abschätzung des Investitionsbedarfs in verschiedenen Varianten.

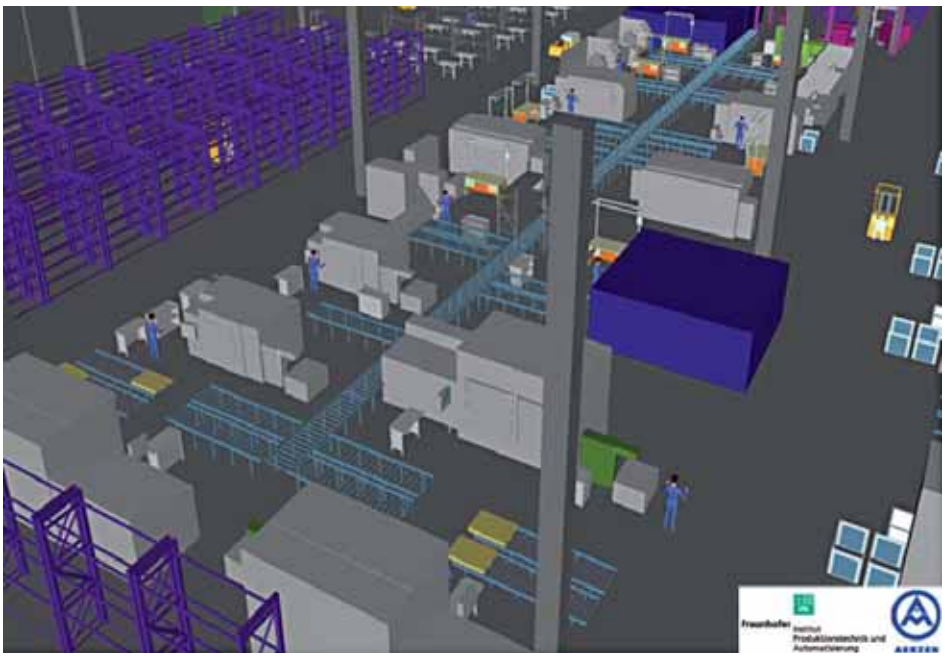


Bild 1 3-D-Ansicht der geplanten Rotorenfertigung mit dem Fraunhofer IPA Planungstisch.

Strukturierung des Werks nach Produktfamilien

Eine sehr komplexe Aufgabe war zunächst der Vergleich einer technologieorientierten mit einer produktfamilienorientierten Strukturierung der Fabrik. Hier gingen, wie in solchen Fällen durchaus üblich, die Meinungen über Kosten für ggf. zusätzliche Betriebsmittel und Nutzen einer flussorientierten Anordnung bei gleichzeitiger Einschränkung der Flexibilität sehr weit auseinander.

Durch eine geschickte schematische Darstellung der Produktionsablauffolge (Technologien) einerseits und relevanter Produktmerkmale (Produktfamilien) andererseits konnte eine übersichtliche Matrix erarbeitet werden. Im Ergebnis konnten so drei Segmente ausgewiesen werden, die die jeweiligen technologischen Anforderungen optimal mit ablauforganisatorischen Aspekten verknüpfen.

Planung des Neubaus mit dem Planungstisch

Die erarbeitete künftige Werkstruktur ermöglicht eine strikte Trennung der drei Segmente mit gerichtetem werksinternem Materialfluss. Während zwei Segmente der bestehenden, teilweise geringfügig zu erweiternden oder zu sanierenden Bausubstanz zugeordnet wurden, wurde für das dritte Segment ein kompletter Neubau geplant.

Für die Layoutplanung der neuen Halle war die 3-D-Visualisierung mit dem Planungstisch des Fraunhofer IPA sehr hilfreich (Bild 1). Hier konnte die Anordnung der überwiegend neu zu beschaffenden Maschinen deutlich gemacht werden. Außerdem ließen sich Fragen möglicher Fördertechnik für eine Automatisierung des Werkstück-

trägertransports sowie eine passende Anordnung der Maschinen zur Ermöglichung der Mehrmaschinenbedienung klären.

Die Halle wurde als 2-D-Layout auf der Tischfläche mit den zwei Hauptfertigungsbereichen, der Gerätemontage, der Lackierung, der Aggregat-Aufbaumontage sowie der Logistikflächen und Lageeinrichtungen konzipiert und begleitend dazu in drei Dimensionen an der Wand visualisiert (Bild 2).

Die realisierte Fabrik

Zwei Jahre später steht die neue Halle und sind die benötigten Betriebsmittel, soweit bisher erforderlich, beschafft und installiert (Bild 3). Dank der neuen Halle konnten die angestrebten Mengenziele erreicht werden. Bei Telefonaten auch mit nur indirekt planungsbeteiligten Mitarbeitern ist ein gewisser Stolz über das nun erweiterte Werk und die damit vollbrachte Leistung herauszuhören.

Bild 2 Einsatz des Planungstischs im Projektbüro bei der Aerzener Maschinenfabrik.

Bild 3 Blick in die neue, teilweise bezogene Halle (Dezember 2007).

Wertstromoptimierte Montage von Fahrmischern am Standort Deutschland

Aufgabenstellung und Zielsetzung

Transportmischer für Beton, die so genannten Fahrmischer, haben wie alle Baumaschinen einen sehr hohen kundenspezifischen Ausstattungsanteil und eine sehr arbeitsintensive Herstellung und Montage. Um am Standort Deutschland auch zukünftig wettbewerbsfähig produzieren zu können sind zukunftsgerichtete Strukturen, Abläufe und Techniken in Fertigung und Montage erforderlich.

Das Ziel des Vorhabens war es am Standort Deutschland auch zukünftig bei minimalen Lieferzeiten kundenindividuell und wirtschaftlich zu montieren. Ein weiteres Ziel war dabei die deutliche Erhöhung der Produktionskapazität von ursprünglich ca. 2000 Fahrmischern auf bis zu 5000 Fahrmischer pro Jahr unter gegebenen räumlichen Voraussetzungen. Hierzu waren neue Montagestrukturen zu entwickeln, mit denen zum einen das geplante Stückzahlwachstum und zum anderen eine variantereiche Serienmontage in Losgröße 1 rationell zu bewältigen sind. Kernpunkt des Projekts war die Ablösung der bisher praktizierten Standmontage durch eine Fließfertigung.

Vorgehen

Gemeinsam mit dem Auftraggeber wurden die Planungsarbeiten durchgeführt, wobei der Schwerpunkt des Fraunhofer IPA bei der Planung der wertstromoptimierten Struktur und der Montagebereiche lag.

Die erste Stufe umfasste die Umgestaltung der Bereiche Trommel- und Hilfsrahmenbau, der Strahl- und Grundierlinie sowie die Vormontage. Im 2. Halbjahr 2004 erfolgte die Grobplanung, an die die Feinplanung nahtlos anschloss. Bereits im Juli 2005 begannen die Bauarbeiten unter voller Produktionsauslastung, die zum Anlauf der Serienproduktion im Januar 2006 weitgehend abgeschlossen waren.

In der zweiten Stufe, die im vergangenen Jahr gestartet wurde und die bis Mitte 2008 abgeschlossen sein soll, werden die Decklackierlinie, die Endmontage und der Finish-Bereich neu ausgerichtet.

Der Einsatz der Simulation ermöglichte schon bei der Planung der Produktionsanlagen eine Absicherung der Systemleistung sowie das Erkennen von eventuellen »Bottlenecks« und die Optimierung des Systems. So wurden mithilfe der Simulation bei der Auslegung des Systems die Puffer und Materialflusskomponenten dimensioniert und die Durchlauf- und Steuerungsregeln festgelegt. Außerdem erlaubte die Simulation die Evaluierung und Optimierung des Systems bereits im Planungsstadium durch Ermitteln der Durchlaufzeiten, der Auslastung der Stationen (Wartezeiten, Störzeiten, Blockaden) und der möglichen Ausbringung des Systems in Abhängigkeit des Produktionsprogramms (Variantenmix). Erkennen von möglichen Engpässen und Optimierungspotentialen und die Darstellung der Auswirkungen von abgeleiteten Verbesserungsmaßnahmen wurde ebenfalls durch die Simulation möglich.

Bild 1
Transportmischer für Beton.

Ergebnisse

Die Fahrmischerproduktion gliedert sich in neun Bereiche. Die ersten Produktionsschritte entfallen auf den Bereich Trommelbau. Die für die konischen und zylindrischen Mantelbleche bereit gestellten Laserzuschnitte werden in einer Längsnaht-Schweißanlage verschweißt und anschließend auf einer Rundmaschine zu Zylindern und Kegeln geformt und zusammengefügt.

Danach erfolgt der Aufbau der vielen Größen und Fahrmischertrommeln in flexiblen Aufbauvorrichtungen. Der Trommel-Rohling wird über ein induktives Transportsystem durch die teilautomatisierte Fließfertigung getaktet, in der die Beschaufelung der Innenspirale, der Aufbau des Trommelbodens und des Auslaufkegels sowie das Innennaht-Schweißen und das Schweißen der Trommel-Außennähte erfolgt.

Parallel hierzu entsteht in insgesamt vier Takten der Hilfsrahmen. Dort werden aus U-Profilen die Hilfsrahmen zusammengebaut und ausgeschweißt und anschließend im »Power & Free-System« gepuffert.

Bei der Übergabe der Fahrmischertrommel an das »Power & Free-System« erfolgt die Paarbildung mit dem zur Trommel korrespondierenden Hilfsrahmen. Dieses Paar wird durch die fünf Takte der Strahl- und Grundierlinie geschleust und in die Vormontagelinie übergeben.

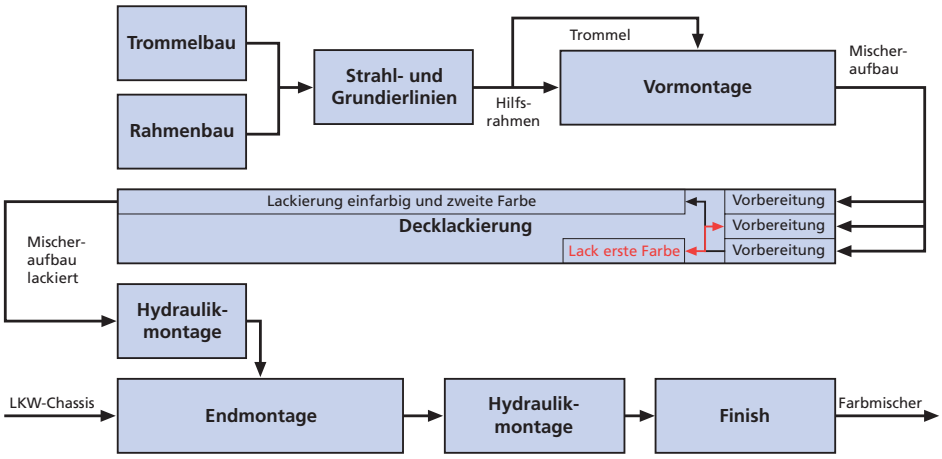


Bild 2 Struktur der Fahrmischerfertigung.

Die Montagewagen durch die Prozesstakte der Vormontage sind ebenfalls induktiv angetrieben. Die Montagewagen fahren in den ersten Takten der Vormontage in Längsrichtung, um eine gute Zugänglichkeit für Werker und Handhabungshilfen von der Seite zu erhalten. Hier werden die Lagerböcke für die Trommeln auf den Hilfsrahmen montiert sowie der Auslauftrichter, das Wasserleitungssystem und die Aufstiegsleiter, die Rollenlager und die mit dem Getriebe vormontierte Trommel. Nach diesen Montagetakten wird der Montagewagen um 90° gedreht und quer weitergetaktet. Es folgen die Montage von der Front- und der Rückseite des Fahrmischers des Wassertanks, der Betonübergabeteile, des Einlauftrichters etc.

Der nächste Bereich im Gesamtprozess ist die Decklacklinie. Als Transportsystem werden hier Rollenförderer mit Skids eingesetzt. Ein Handhabungsgerät übergibt den Fahrmischeraufbau vom Vormontagewagen auf den Transportskid. Der Fahrmischeraufbau wird in eine der Vorbereitungskabinen gefahren. Nach der Trommelvorbereitung geht es in eine Kombikabine, in der der Mischeraufbau nach dem Fülleraufrag mit der ersten Farbe lackiert und anschließend getrocknet wird. Danach geht es zurück in eine freie Vorbereitungskabine zum Abkleben für die zweite Farbe. Über Quer- und Rollenförderer gelangt der Mischeraufbau zur Füllerkabine, der Grundlage für die zweite Farbe, nach der Zwischentrocknung zur Lackierkabine. Zwei Trockenkabinen schließen den Lackierprozess ab. Der Fahrmischeraufbau wird »entpackt« und zur Hydraulikmontage übergeben.

In der Hydraulikmontage werden in drei Arbeitstakten die Montage der Axialkolbenpumpe und das Anflanschen des Axialkolbenmotors am Getriebe sowie die Verrohrung und Verschlauchung dieser Komponenten mit Ölkühler und Hydrauliktank durchgeführt.

Parallel wird das LKW-Chassis vorbereitet, es sind bei Bedarf Schublaschen zu setzen sowie u. a. die Kabel für die Elektrik einzuziehen.

Die weitere Endmontage erfolgt in vier Stufen. Sie umfassen das Verheiraten des Fahrmischeraufbaus mit dem LKW-Chassis, das Anschweißen der Schublaschen, die Montage der Gelenkwelle, den Anbau des Unterfahrschutzes sowie die Befüllung und Entlüftung des Ölkreislaufs.

Der nächste Bereich, die Rahmenlackierung, beginnt mit dem Abdecken von Fahrmischeraufbau und LKW-Chassis. Es folgt das Grundieren, Füllern und Lackieren der Rahmen von Mischeraufbau und LKW-Chassis.

Im Finishbereich werden abschließend Kotflügel, Rahmenabdeckung und Schutzgitter montiert, Schilder und Sicherheitshinweise angeklebt, Abschmierarbeiten durchgeführt, der Fahrmischer gereinigt und die Bremsen auf dem Prüfstand getestet.

Nutzen

Nach Abschluss der Realisierung werden 42 Prozesstakte zur Fertigung von Fahrmischern gekoppelt sein. Selbst in den vergleichsweise komplex organisierten Fertigungsanlagen der Automobilindustrie ist dies ein hoher Wert. Für die Baumaschinenfertigung ist es sicherlich ein weltweit einzigartiger Standard.

Einer der wichtigsten Effekte der Neuausrichtung im Sinne einer Fließfertigung ist das große Potenzial zur Rationalisierung der Arbeitsabläufe. Der gezielte zeitsparende Einsatz von Betriebsmitteln zur effektiven Unterstützung der Montagetätigkeiten wie Handlingeinrichtungen, Hubarbeitsbühnen etc. wurde dadurch erst möglich und die bisher unproduktiven Nebenzeiten für die Beibringung der Komponenten, Bauteile und Werkzeuge konnten durch deren differenzierte Bereitstellung deutlich reduziert werden.

Die Durchlaufzeit für die Produktion eines Fahrmischers wurde in der ersten, 2006 in Betrieb genommenen Stufe von 33 auf 11 Arbeitstage reduziert. Wenn nach Abschluss der Realisierung die neue Lackieranlage und die Endmontage bis zum Finishbereich integriert sind, ist eine Durchlaufzeit von fünf Arbeitstagen zu erreichen.

Die Plansee Metall GmbH wächst und erweitert den Standort Reutte

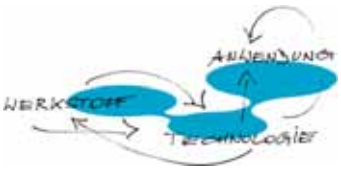


Bild 1 Das Firmenlogo visualisiert die Kernkompetenzen der PMet (© Plansee SE, Plansee Metall GmbH).

Plansee Hochleistungswerkstoffe – A Step ahead in Technology

Seit über 85 Jahren entwickelt und erzeugt PLANSEE pulvermetallurgisch hergestellte Hochleistungswerkstoffe. Mit einem Umsatz von rund 500 Mio EUR und 2 200 Mitarbeitern ist der Unternehmensbereich Hochleistungswerkstoffe der weltweit führende Hersteller von Produkten aus hochschmelzenden Metallen und Verbundwerkstoffen.

Basierend auf den Kernkompetenzen in Werkstoff, Anwendung und Technologie, produziert Plansee Produkte aus Refraktärmetallen, die hohen Druck- und Temperaturanforderungen standhalten. Diese finden in den unterschiedlichsten Branchen (Automobilindustrie, Elektronik, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik, etc.) Anwendung.

Die positive Firmenentwicklung ermöglicht Investitionen

Die Plansee Metall GmbH (PMet) deckt die komplette Wertschöpfungskette vom Pulver bis zum Endprodukt ab. Die Produktion gliedert sich am Standort Reutte in acht Bereiche, die sogenannten Produktionslinien. Sie produzieren als eigenständige Profit-Center und sind durch Kunden-Lieferanten-Beziehungen miteinander vernetzt.

Die strategische Investition in ein neues Warmwalzwerk eröffnete der Produktionslinie Mechanische Formgebung (HPM) die Chance, auf der grünen Wiese ein neues Fabrikgebäude zu bauen.

Fabrikneubau – Wandlungsfähiges Fabrikkonzept setzt schlanke Prinzipien um

Ausschlaggebend für den Standort Reutte, waren vor allem das breite Fertigungs-Know-how und die vorhandene Infrastruktur. Daraufhin wurde das Fraunhofer IPA im Herbst 2005 beauftragt, gemeinsam mit den HPM-Verantwortlichen ein zukunftsweisendes Fabrikkonzept zu entwerfen. Dieses sollte schlanke Prinzipien in Produktion und Logistik umsetzen. Allerdings begrenzten starke Produktmixschwankungen die Möglichkeit einer produktorientierten Segmentierung. Die entwickelten wandlungsfähigen Konzepte realisierten die geforderte Flexibilität dennoch.

HPM produzierte bislang unter sehr beengten Platzverhältnissen, verteilt über das gesamte Firmengelände. Das gewachsene Fabriklayout verursachte umständliche Materialtransporte und verteilte Organisationseinheiten. Aufgrund der fehlenden Logistikflächen und den uneinheitlichen Behältern wirkte die Halle unaufgeräumt. Erweiterungsflächen für Wachstumsprodukte und neue Technologien existierten nicht.

Bild 2 Eine zukunftsweisende Fabrik für die Produktionslinie Mechanische Formgebung (© Plansee SE, Plansee Metall GmbH).

HPM sichert hochwertige Arbeitsplätze und ermöglicht weiteres Wachstum für die PMet

Der Umzug in das Gebäude auf dem neu erschlossenen Südgelände erfolgte nach einjähriger Bauzeit im Mai 2007. Die vorbildliche Planung ermöglichte einen reibungslosen Umzug mit ein- bis zweitägigem Produktionsausfall.

Die neue Halle ermöglicht Investitionen in Maschinen, um die zukünftigen Wachstumsprodukte selbst herzustellen und damit die Kompetenz im eigenen Haus zu halten. Mit dem Umzug am Standort nutzt HPM die Chance, weiterhin mit derselben flexiblen und erfahrenen Belegschaft arbeiten zu können.

Grundlage für den Projekterfolg war das Aufbrechen alter Denkmuster

Die vom Fraunhofer IPA empfohlene Planungssystematik integriert neueste Methoden und Werkzeuge. Die Me-

thode »Wertstromdesign« stellte die Material- und Informationsflüsse in der Ist- und Potenzialanalyse transparent dar und identifizierte produktbezogene Durchlaufzeitpotenziale. Der »Planungstisch« ermöglichte es, gemeinsam mit den Mitarbeitern die Arbeitsbereiche dreidimensional zu planen und aufwandsarm mehrere Layoutvarianten miteinander zu vergleichen. Der zentrale Projektbaustein »Grüne-Wiese-Ansatz« löst sich von bestehenden Strukturen und entwirft »ideale« Arbeitsbereiche und Materialflüsse ohne reale Restriktionen zu beachten. Der Übergang vom Idealen ins Reale gelang ohne Einbußen. Der partizipative Ansatz stellte sicher, dass die sich anschließenden Detail- und Umsetzungsplanungen von HPM selbstständig durchgeführt werden konnten.

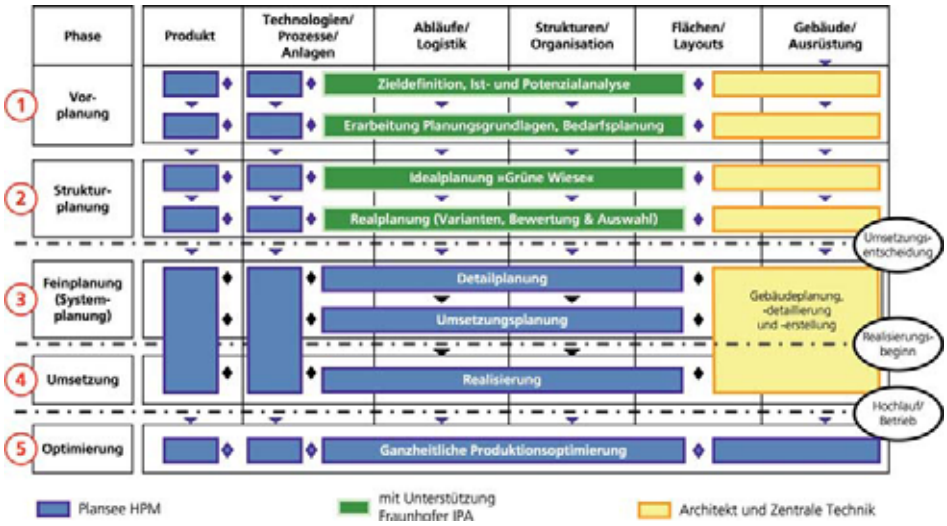


Bild 3 Die Fraunhofer IPA Planungssystematik hat klar abgegrenzte Phasen: Die Idealplanung mit dem »Grüne-Wiese-Ansatz« bricht alte Denkmuster auf (© Fraunhofer IPA/Plansee HPM).

Das realisierte Layout ist das klare Abbild der Produktstruktur

Der mehrstufige Auswahlprozess mit verschiedenen Varianten führte schließlich zu einem Fabriklayout, welches Werkstätten zur Bearbeitung des heterogenen Produktspektrums von Linien für Serienprodukte trennt. Die Materialflussknoten Endkontrolle und Reinigungsanlage sind zentral angeordnet. Startarbeitsplätze, der Bereiche Umformung und Trennen liegen nahe beim Lager und Wareneingang. Die Zerspanung bündelt das technologische Know-how und es existieren Erweiterungsmöglichkeiten für weiteres Wachstum.

Transparenz, kurze Wege, eine zum Layout passende Organisation und ein neues Behälterkonzept realisieren die schlanken Prinzipien. Ansprechende Aufenthaltsräume, Umkleiden und ausreichend Büroflächen ergänzen den positiven Gesamteindruck.

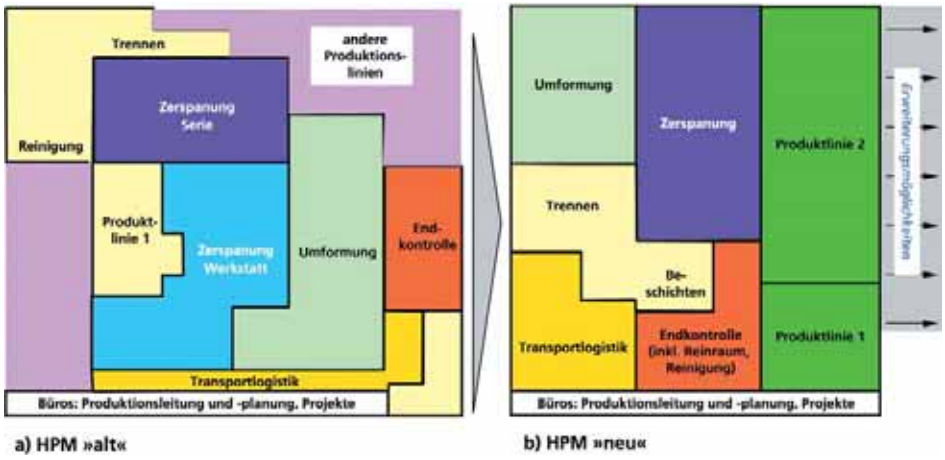


Bild 4 Das realisierte Layout HPM »neu« berücksichtigt die Materialflussbeziehungen und integriert neue Produktlinien und Technologien (© Fraunhofer IPA/Plansee HPM).

Nutzen

Die jetzt zur Verfügung stehende Halle schafft die Voraussetzungen, bestehende Wertschöpfungsprozesse schrittweise weiter zu verbessern, um die Produktivität zu steigern und die Durchlaufzeiten zu verkürzen.

Standortvergleich und Integrationsplanung für eine hochmoderne Roboterlackieranlage für PKW-Kunststoffteile

Ausgangssituation

Eine Fabrik muss sich Wachstum leisten können. Produktionserhöhungen und Kapazitätswachstum entfalten sich optimal unter logistisch guten Bedingungen und einer optimalen Integration einer materialflussoptimierten Werkstruktur auf Standortebene.

Die VOC-Verordnung und andere Emissionsvorschriften zwingen viele Hersteller zu Investitionen in neue Lackiertechnik und sind somit Anstoß für Überlegungen zur Optimierung der Kernprozesse und des Gesamtmaterialflusses.

Umfang des Projekts war die Betrachtung zweier Werke an verschiedenen Standorten. Je nach Szenario sollte eine neue Roboterlackieranlage entweder als Ersatz- bzw. als Umweltinvestition an einem Standort installiert werden. In jedem Fall war aber von einer Produktionsmengensteigerung von zusätzlich ca. 30 Prozent auszugehen. Somit standen ein Standortvergleich und die anschließende Standortentscheidung im Fokus des Projekts.

Hierfür sollten die Flächenbedarfe für beide Standortalternativen entwickelt, sowie standortbezogene Flächen- und Produktivitätspotenziale identifiziert werden (s. Bild 1). Im Anschluss daran galt es Layout- und Umsetzungsalternativen zu entwickeln, die eine Identifikation einer Vorzugsvariante ermöglichten.

Projektziele

Ziel des Projekts war die Integration der Lackieranlage in die Standort- und Werkstruktur. Hierbei standen folgenden Fragestellung im Vordergrund:

- In welchem Standortkonzept lässt sich die Kapazitätssteigerung in einem optimalen Materialfluss darstellen?
- In welchem Standortkonzept gelingt eine Integration vor dem Hintergrund der Installationszeiten und dem Anlauf neuer Produktlinien am besten?
- In welchen Standortkonzepten existieren welche Flächen- und Produktivitätspotenziale und in welchem Umfang sind Prozessoptimierungen durchzuführen, um die Lackieranlage optimal zu betreiben?

Vorgehen und Ergebnisse

Bei Investitionen solcher Dimension und anstehenden strukturellen Veränderungen in der Werkstruktur existiert zu Beginn viel Planungsunsicherheit und somit die Notwendigkeit zur unabhängigen Standortbewertung und -absicherung. Das Projekt gliederte sich in fünf Arbeitspakete, die in beiden Werken durchgeführt wurden:

1) Analyse der technischen und logistischen Kernprozesse mittels Wertstromdesign (s. Bild 2)
2) Entwicklung von alternativen Werksszenarien und Ermittlung von zusätzlichen Flächenbedarfen vor dem Hintergrund der Kapazitätssteigerung
3) Analyse von technischen und logistischen Optimierungspotenzialen
4) Layoutintegration und Entwicklung von Umsetzungsalternativen an den Produktionsstandorten (s. Bild 3)
5) Abschließende Standortempfehlung und Entscheidung des Managements

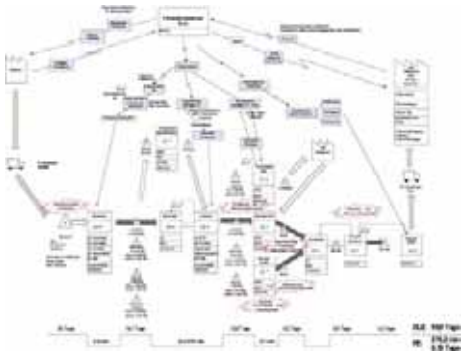


Bild 2 Wertstromanalyse der Kernprozesse.

Bild 3 Layoutintegration in die Werkstruktur.

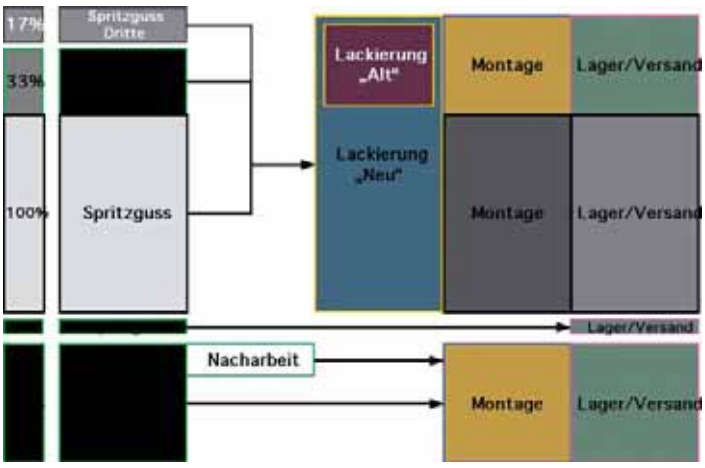


Bild 1
Zukünftiges Werkszenario bei Installation einer neuen Lackieranlage.

Durch den strukturierten Standortvergleich und die Optimierung der Kernprozesse konnten somit für alle Beteiligten die Investition abgesichert und die Voraussetzung für materialflussoptimale Strukturen geschaffen werden.

Simulation eines Transport- und Palettierungssystems

Ausgangssituation

Im Vorfeld einer Investition in komplexe Anlagen stellt sich häufig die Frage, inwiefern sich die erforderliche Kapazitätsauslegung bereits im Vorfeld analytisch ermitteln lässt. Ohne die genauen Kenntnisse des eigentlichen Kapazitätsbedarfs werden die Anlagen oft zu groß dimensioniert. In dieser Situation kann die Simulation als Instrument helfen, unnötige Kosten zu verhindern und die Planungssicherheit deutlich zu erhöhen.

Der hier beschriebene Ansatz zeigt die Vorteile eines mehrstufigen Vorgehens bei der Konzeption und Erstellung eines Simulationsmodells zur Ermittlung des Kapazitätsbedarfs einer Anlage auf.

Aufgabe und Zielsetzung

Im konkreten Fall wurde ein automatisches Transport- und Palettierungssystem für verpackte Dunstabzugshauben bei der NEFF GmbH in Bretten geplant. Aufgrund der großen Anzahl verschiedener Einschleusungspunkte auf die Förderstrecke und der komplexen Steuerung der Palettierung bestand insbesondere Unsicherheit in Bezug auf die erforderliche Anzahl Palettierroboter. Ein detailliertes Simulationsmodell sollte hier Abhilfe schaffen.

Das erstellte Simulationsmodell sollte nicht nur zu einzelnen Simulationsstudien herangezogen werden, sondern auch in gewissem Umfang von den Planern der NEFF GmbH zu konfigurieren sein, wobei gleichzeitig möglichst wenige Handgriffe im Simulationsmodell selbst vorgenommen werden sollten.

Zur Bewältigung des hohen Implementierungsaufwands wurde die Gesamtaufgabe in mehrere Teilschritte zerlegt. Die Vorgehensweise des Fraunhofer IPA umfasste dabei folgende Maßnahmen:

- Beschreibung eines Grobkonzepts
- Definition und Implementierung Basismodell
- Definition und Implementierung Erweiterungsmodell

Ergebnis und Nutzen

Für das Grobkonzept wurde der Funktionsumfang des gesamten Simulationsmodells abgestimmt und beschrieben. Um den Aufwand möglichst gering zu halten, wurde die Animation auf eine grob schematische Abbildung des Layouts beschränkt (s. Bild 1).

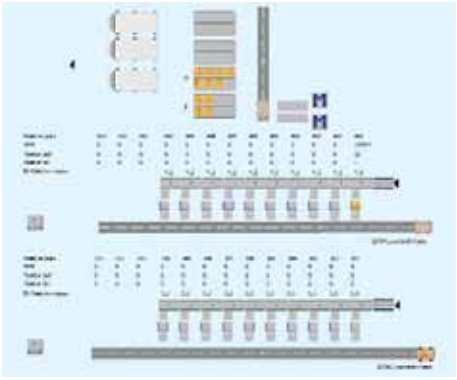


Bild 1 Simulation des Palettierungssystems.

Das zunächst erstellte Basismodell umfasste die grundlegenden Funktionen des Systems sowie eine zyklische Einlastung von immer gleichen Teilen je Einschleusungspunkt. Darüber hinaus erfolgte die Implementierung einer externen Steuerung des Modells über eine Excel-Datei, die die Konfiguration auch ohne Kenntnisse der Simulationssoftware ermöglicht.

Im Anschluss wurde dieses Basismodell insbesondere um die Einlastung eines vorgegebenen Produktionsprogramms, das ebenfalls aus einer Excel-Datei eingelesen wird, erweitert. Weiterhin wurden die Ergebnisdaten in einer Excel-Datei ausgegeben, damit sie von den Planern leicht weiterverarbeitet werden konnten (s. Bild 2).

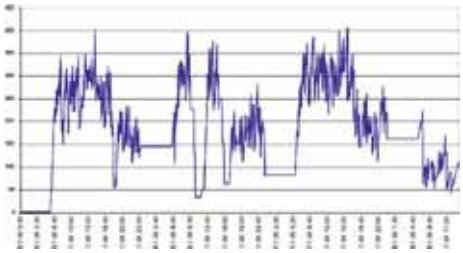


Bild 2 Bestandsverlauf aller Kartons im System.

Die beschriebene sukzessive Vorgehensweise führte zu erheblicher Transparenz bezüglich der Aufwände in jeder Phase des Projekts. Durch die schrittweise Entwicklung des Funktionsumfangs konnte auch auf Seiten der NEFF GmbH ein hohes Verständnis für die erforderlichen Steuerungsanforderungen für das zu erstellende Lastenheft geschaffen werden.

Aufgrund der einfachen Bedienbarkeit der Simulation mithilfe der Excel-Oberflächen wurde das Modell im Rahmen der weiteren Planungen durch die NEFF GmbH intensiv genutzt. Der Hauptnutzen der Simulation besteht dabei in der Erkenntnis, dass zunächst einige der ursprünglich geplanten Palettierroboter und somit ein großer Teil der vorgesehenen Investitionen eingespart werden konnten.

Ein neuer Standard für die deutsche Industrie: Wertstromdesign

Das Ziel: Mit Wertstromdesign zur schlanken Fabrik

Bisher war über Lean Management und Wertstromdesign immer sehr viel zu hören, aber nur sehr wenig Fundiertes zu lesen. Das ist nun anders. Mit dem Buch Wertstromdesign von Klaus Erlach wird das Anwendungsspektrum der Wertstromanalyse differenziert und deutlich erweitert. Zusätzlich geben die neun Gestaltungsrichtlinien dem Praktiker einen klaren Leitfaden zur optimalen Neuausrichtung seiner Produktionsabläufe. Damit gibt es erstmals einen zuverlässigen methodischen Weg hin zu einer schlanken Fabrik.

Literaturempfehlung

Erlach, Klaus: Wertstromdesign. Der Weg zur schlanken Fabrik. Springer 2007

Wertstromanalyse – Den Produktionsablauf sichtbar machen

Der Produktionsleiter benötigt ein Bild seiner Produktion, eine Visualisierung der Fabrik. Gängige Methode war lange Zeit das Fabriklayout, das Auskunft über Anordnung und Flächenbedarf der Betriebsmittel gibt. Der geschulte Fabrikplaner hat dann nach aufwändigen Datenanalysen zusätzlich den gewichteten Materialfluss eingezeichnet und schlussendlich eine materialflussgerechte Layoutgestaltung angemahnt. Hat er aber wirklich einen Produktionsablauf sichtbar gemacht?

Nun – er hat beschrieben, was passiert, aber nicht weshalb etwas geschieht, nach welcher Logik also gesteuert und geplant wird. Das zeigt erst die Wertstromanalyse. Die transparente und übersichtliche Darstellung eines kompletten Produktionsablaufs mit Produktionsprozessen, Material- und Informationsfluss auf nur einem Blatt macht die unvergleichliche Stärke dieser Methode aus. Ein Perspektivenwechsel von der Betrachtung einzelner Betriebsmittel auf deren logistische Verknüpfung wird so vollzogen. Anwendbar ist die Wertstromanalyse bei jeder Art von Stückgutfertigung – vom Bleistift bis zum Containerschiff – unterschiedlich ist lediglich der erforderliche Aufwand.

Wertstromdesign – Die Fabrik schlank machen

Traum eines jeden Produktionsleiters ist die wohlgeordnete Fabrik, in der alles genau nach Plan läuft. Daher wurden ihm die PPS-Systeme erfunden. Basierend auf Bedarfsprognosen, erlauben intelligente Software-Lösungen eine Produktionsplanung, die auch vor hoher Komplexität bei den Produktionsprozessfolgen nicht zurückschreckt. Das Kapazitätsangebot wird berücksichtigt, Eilaufträge werden eingepflegt, Losgrößen werden optimiert. Die turbulente Realität lehrt jedoch leider meist, dass diese Planwirtschaft nicht richtig funktioniert. Trotz hohem Steuerungsaufwand werden Termine nicht eingehalten, die Fertigstellung offener Aufträge kann nicht zuverlässig prognostiziert werden, die Fabrik ertrinkt im Material und die Terminjäger bekommen Urlaubssperre. Der Traum wird zum Alptraum.

Lean Management heißt Vermeidung von Verschwendung. Die schlanke Fabrik braucht ein schlankes Auftragsmanagement. Hier setzt nun die systematische Anwendung der bewährten neun Gestaltungsrichtlinien des Wertstromdesigns an. Erst nach deren Umsetzung kann ein effizienter, kundenorientierter Wertstrom mit optimal aufeinander abgestimmten Produktionsprozessen realisiert werden. Wichtigster Grundsatz ist, dass jeder Wertstrom nur an einer einzigen Stelle, am Schrittmacherprozess, gesteuert werden darf. Die anderen Richtlinien beschreiben die Auslegung des Kapazitätsprofils einer Produktion, die Gestaltung eines laminaren Materialflusses sowie die adäquate Einsteuerung richtig dimensionierter Freigabeeinheiten.

Die konsequente Umsetzung des mit den neun Gestaltungsrichtlinien abgeleiteten Soll-Konzepts führt schließlich zur verschwendungsarmen, schlanken Produktion.

Unternehmenslogistik

Die Mission der Abteilung Unternehmenslogistik heißt: Fertigung und Montage produzierender Unternehmen durch Logistikexellenz auf den Spitzenstand bringen. Das bedeutet, die Logistikprozesse sollen möglichst einfach, aber gleichzeitig stabil und kostengünstig auslegt werden, die Informationssysteme optimal darauf abgestimmt und das Ganze soll nicht nur innerhalb einer Fabrik, sondern im Netzwerk, also unter Einbeziehung anderer Produktionsstätten, der Lieferanten und nicht zuletzt der Kunden, optimiert werden.

Die Integrationsleistung dazu bietet die Abteilung Unternehmenslogistik:

- Netzwerklogistik
- Kunden- und Beschaffungslogistik
- Produktionslogistik
- Lieferantenparks/Industrieparks/Versorgungszentren

Partielle Lösungen bringen zwar Verbesserungen, echter substanzieller Mehrwert wird jedoch nur durch integrierte Lösungen erreicht – dort, wo Produktionskonzepte nicht an der Schnittstelle zu Lieferanten aufhören. Die Anbindung an Kunden und Lieferanten entscheidet mit über den Erfolg der Fabrik wenn neu gestaltete Supply Chains durch optimierte Wertschöpfungsprozesse führen oder neue, innovative Produkte schnell und stabil in der Serie anlaufen und somit auch früh die Produktivitätszone erreichen.

Um diese Ziele zu erreichen, werden leider oft die Grenzen der Überschaubarkeit überschritten. Neue und systematische Vorgehensweisen, Methoden und Verfahren, die Transparenz in die komplexen Aufgaben bringen, sind hier gefordert.

Genau an dieser Stelle sehen wir unsere Kompetenz und Ihre Potenziale, Ihre hochproduktiven Fabriken ständig zu verbessern.

ILIPT – Build to Order in der Automobilindustrie

Ausgangssituation

Das heutige Geschäftsmodell der Automobilindustrie, die klassische Serienproduktion, verliert zunehmend an Bedeutung. Globale Überkapazitäten bewirken steigende Lagerbestände und senken die Rentabilität der Hersteller. Da die Automobilindustrie ein wesentlicher Wirtschaftszweig in Europa ist, wird verstärkt nach Alternativen und innovativen Ansätzen geforscht. Hier setzt das von der EU im 6. Forschungsrahmenprogramm geförderte Projekt ILIPT (Intelligent Logistics for Innovative Product Technologies) an. Es adressiert die konzeptionellen und praktischen Aspekte der Auslieferung eines individuellen Fahrzeugs nur wenige Tage nach der Auftragserteilung durch den Kunden. Die Ergebnisse des Projekts sollen für einen entscheidenden Wandel in der europäischen Automobilindustrie sorgen – weg von der Massenproduktion des letzten Jahrhunderts, hin zu einer lagerlosen Auftragsproduktion.

Aufgabe

Innerhalb der von der EU geförderten »5-Tages-Auto Initiative«, konzentriert sich ILIPT auf folgende Themen:

- »Modular Car« – Veränderungen der Fahrzeugkonfiguration und Produktionsprozesse zur Reduzierung der Komplexität in Produkt und Prozess sowie der Optimierung der Variantenvielfalt in den Produktentstehungsphasen
- »Flexible Supply Network« – Generierung innovativer Logistikkonzepte für ein flexibles Lieferanten- und Produktionsnetzwerk sowie neue Formen der funktionalen Zusammenarbeit und deren Kompatibilität über die beteiligten Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette

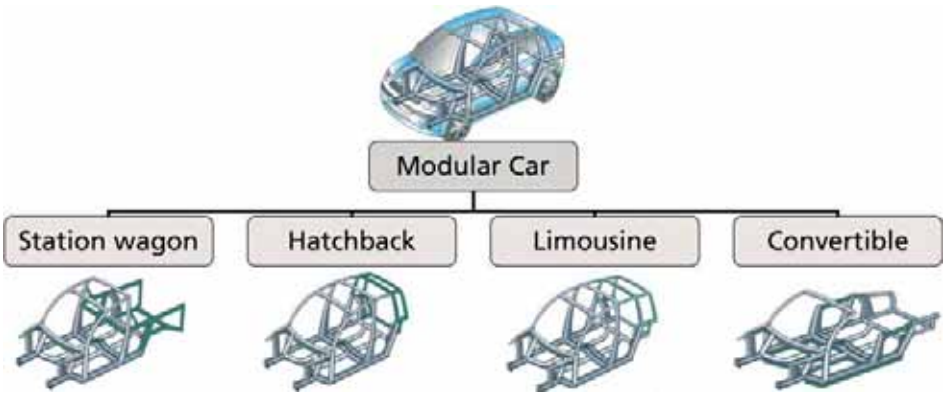


Bild 1 Eine Struktur, vier Modelle – das Grundgerüst ist immer gleich. ©ThyssenKrupp

- »Integration of Complex Product Processes« – Entwicklung neuer Software und Methoden, die es ermöglichen, innovative Konzepte im Bereich Produktdesign, Netzwerkdesign und Auftragsabwicklung zu validieren

Seit Juli 2004 forschen insgesamt 30 Automobilhersteller, -zulieferer, Logistikdienstleister und Forschungseinrichtungen aus 12 europäischen Ländern an diesen Themen. Das Fraunhofer IPA koordiniert gemeinsam mit dem Fraunhofer IML und IAO die Bereiche Logistik und Netzwerke.

Projektbeschreibung und Ergebnis

Seit 2004 sind viele Ergebnisse, Konzepte und Demonstratoren erarbeitet worden. Im Folgenden sollen die wichtigsten Meilensteine aus den drei Themengebieten kurz vorgestellt werden.

Im Themengebiet »Modular Car« gilt die Modularisierung von nicht markenspezifischen Bauteilen wie das Grundgerüst der Sitze oder des Cockpits als eine wesentliche Voraussetzung zur Umsetzung eines rein kundenauftragsgesteuerten Produktionssystems. Thyssen Krupp Automotive hat dazu Karosserie-Module entwickelt, die sich wie Legosteine zu verschiedenen Autos zusammenbauen lassen (Bild 1). Dabei können das Frontend, das Mittelteil und das Rearend parallel ausgestattet, fertiggestellt und erst zum Schluss zusammengefügt werden. Mithilfe solcher Module ist es möglich, in einer Produktionslinie Fahrzeuge verschiedener Typen zu bauen – etwa den Dreier-BMW und die Mercedes C-Klasse.

Neben flexiblen Produktstrukturen sind flexible Prozesse und Netzwerke die Basis für ein rein kundenauftragsgesteuertes Produktionssystem. Der wichtigste Ansatz des Fraunhofer IPA und den Partnern im Themengebiet »Flexible Supply Network« ist, dass die Netzwerkstruktur eines reinen BTO-Produktionssystems in erster Linie von der generischen Festlegung der Auftragsentkopplungsgrenze – der Product Decoupling Border – abhängig ist. Je nach Modul bzw. Komponente sowie abhängig von der Produktgestaltung kann dieser Punkt in der Kette zwischen der zweiten Stufe vor der Endmontage und der Endmontage selbst liegen. Alle Komponenten vor dieser Auftragsentkopplungsgrenze werden nach Prognose auf Lager produziert, während sich hinter der Grenze nur noch kundenspezifische Aufträge in der Kette befinden (Bild 2).

Im Bereich »Integration of Complex Product Processes« hat das Konsortium ein durchgängiges IT-System entwickelt, welches die heutigen isolierten Auftragsmanagement- und Planungssysteme ersetzt und alle relevanten Aktivitäten auf den BTO-Prozess ausrichtet. Das als Virtual Order Bank (kurz: VOB) bezeichnete System koppelt das Beschaffungsnetzwerk an den Auftragsmanagementprozess des OEM. Entsprechend den Anforderungen der Automobilindustrie deckt die VOB fünf Hauptfunktionalitäten ab: Auftragsmanagement, Kapazitätsmanagement, Werk-Auftrag-Zuordung, Lieferterminermittlung sowie Montageplan- und Abrufgenerierung. Mithilfe eines solchen Systems werden nicht nur die langen Informationsflusszeiten reduziert, sondern auch die Planungsqualität in der Kette erheblich verbessert.

Im Jahr 2008 wird das Projekt ILIPT abgeschlossen sein. Nähere Informationen über laufende Aktivitäten und Ergebnisse sind abrufbar unter www.ilipt.org.

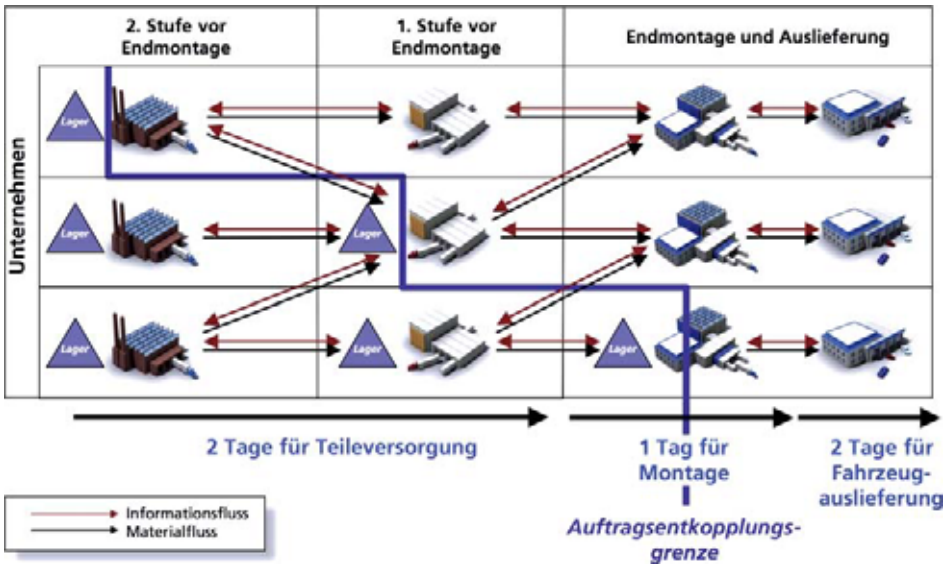


Bild 2 Netzwerkstruktur in einem BTO-Produktionssystem.

Konzeption neuer Materialbereitstellungsprinzipen in der Montage am Beispiel eines Maschinen- und Anlagenbauers

Ausgangssituation

Bedingt durch die gute konjunkturelle Entwicklung, sind die Auftragsbücher der Maschinen- und Anlagenbauer gut gefüllt. Die rasche Zunahme des Auftragseingangs stellt hierbei die Logistik in der Produktion ganz besonders vor neue Herausforderungen.

Im folgenden Projekt reichten in den Produktionshallen eines Herstellers die Flächen nicht mehr aus, um die teilbearbeiteten Komponenten zwischen den einzelnen Arbeitsgängen für die Weiterbearbeitung strukturiert und übersichtlich bereitzustellen. Zu transportierende Komponenten wurden gestapelt bzw. teilweise dort abgestellt, wo gerade Flächen frei waren. Hieraus resultierten erhöhte Kosten für das Suchen und Freiräumen von aktuell benötigten Komponenten, in manchen Fällen sogar Zusatzkosten für das kurzfristige Nachfertigen aktuell nicht auffindbarer Teile und Komponenten.

Um das gesteigerte Produktionsvolumen mit den vorhandenen Ressourcen effizient abwickeln zu können und die oben genannten Probleme zu beheben, mussten die bestehenden Bevorratungs-, Bereitstellungs- und Auftragsfreigabelogiken optimiert werden.

Aufgaben und Ziele

Die Aufgabenstellung dieses Projekts war es, ein neues Konzept für die Fertigung eines Maschinen- und Anlagenbauers zu erarbeiten, welches die folgenden Anforderungen erfüllt:

- Optimierung der Materialbereitstellung für die verarbeitenden Prozesse
- Reduzierung von Beständen, Durchlaufzeiten und Suchaufwendungen
- Erhöhung der Transparenz bzgl. Abläufe und Bestand

Hierbei waren einige Rahmenbedingungen wie z. B. die räumliche Anordnung und Lage der einzelnen Bereiche, die Platzverhältnisse der Bereitstellflächen und die Variantenzahl der auf den Montageplätzen gefertigten Komponenten zu berücksichtigen.

Vorgehensweise

Am Anfang erfolgte eine Analyse der produkt- und prozessbezogenen Daten des Unternehmens. Die Untersuchung dieses Datengerüsts aus Stücklisten, Arbeitsvorgangsfolgen, Wiederbeschaffungszeiten und Bedarfen gab Aufschluss über den Ist-Zustand hinsichtlich des Material- und Informationsflusses.

Ein wesentlicher Schlüssel zur Erklärung der Bestandshöhe in einer Fertigung ist die Auftragsmanagementlogik. Dies betrifft sowohl die Termin- und Kapazitätsplanung von Fertigungsaufträgen, als auch die Materialbewirtschaftung mit den Fragestellungen nach optimalen Losgrößen, Bedarfsterminermittlung und Bestellauftragsfreigabe. Deshalb war das Auftragsmanagement ein Kernaspekt dieses Projekts.

Eine genauere Untersuchung desselben zeigte, dass bei der Freigabe von Fertigungsaufträgen für Komponenten bzw. Baugruppen die unterschiedlichen Durchlaufzeiten der einzelnen Bauteile in der Vorfertigung nicht beachtet wurden, sondern alle untergeordneten Bauteile einer Baugruppe zum Starttermin des Bauteils mit der längsten Wiederbeschaffungszeit freigegeben wurden. Gerade diese Vorgehensweise führte zu hohen Beständen in der Vorfertigung und an den Montageplätzen, zu denen fertig gestellte Bauteile nach der Bringschuldlogik geliefert wurden. Um die zur Montage einer Baugruppe benötigten Bauteile nicht zu früh für die Fertigung freizugeben, wurde ein Konzeptvorschlag erarbeitet, bei dem das ERP-System die einzelnen Bauteile in Abhängigkeit ihrer Durchlaufzeiten für die Fertigung freigibt (Bild 1).

Für die Erarbeitung neuer Materialbereitstellungskonzepte wurden die bestehenden Produktstücklisten aufgelöst und die einzelnen Komponenten nach den folgenden Kriterien betrachtet:

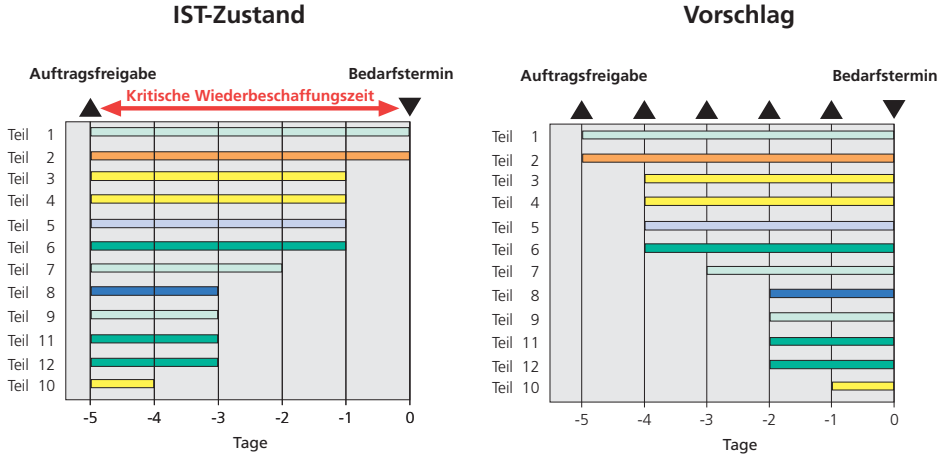


Bild 1 Prinzip der Auftragsfreigabelogik.

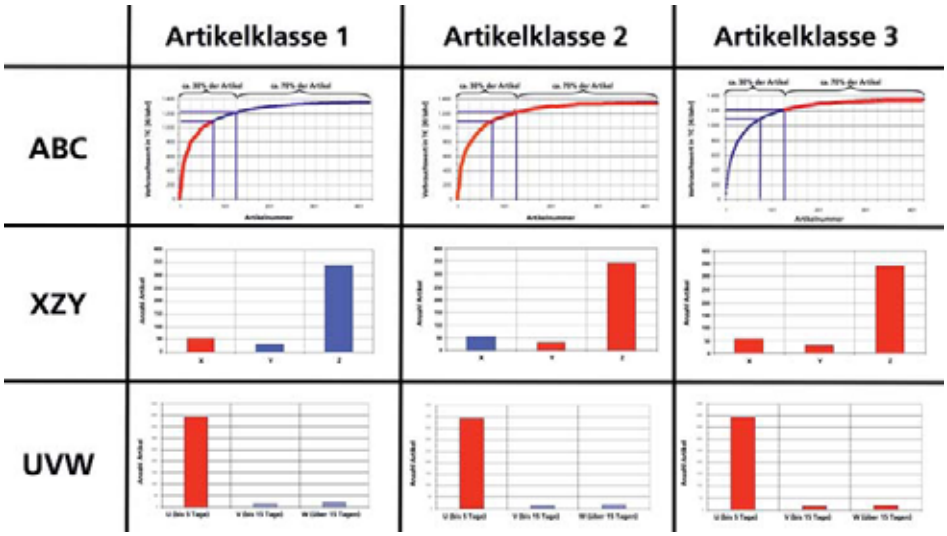


Bild 2 Unterscheidungsmerkmale der Artikelklassen.

- Bedarf und Verbrauch
- Wiederbeschaffungszeiten
- Dimensionen
- Verbrauchswert

Die entsprechenden Analysen wurden mithilfe der aus dem ERP-System exportierten dispositionsrelevanten Daten durchgeführt. Aufbauend auf diese Analysen wurden verschiedene Artikelklassen gebildet und die Bauteile anhand ihrer Eigenschaften den jeweiligen Klassen zugeordnet (Bild 2).

Für diese Artikelklassen erfolgte anschließend die Definition der Materialbereiststellungsprinzipien mit den Kriterien:

- Art der Bereitstellung
- Form der Bereitstellung
- Bereitstellmenge
- Bereitstellquelle
- Bereitstellort
- Bereitstellstrategie

Daraus abgeleitet konnten die Dispositionsmethoden für die jeweiligen Artikelklassen entwickelt werden.

Das individuelle Auftragsmanagement der Bauteilklassen und die differenzierte Materialbereitstellung wurden für einen Montageplatz exemplarisch umgesetzt und ein Maßnahmenkatalog für das folgende Roll-out erarbeitet.

Projektergebnis

Die besonderen Rahmenbedingungen dieses Projekts, speziell die beengten Platzverhältnisse an den Montagearbeitsplätzen und den sich anschließenden Bearbeitungsstationen, erforderten eine differenzierte Bereitstellung der Bauteile. So sollen die Bauteile und Baugruppen mit Seriencharakter mittels eines Kanban-Systems künftig verbrauchsgesteuert bereitgestellt werden (Artikelklasse 1). Bauteile mit unregelmäßigem Bedarf sind in der zweiten Artikelklasse zusammengefasst und werden durch die Materialdisposition bedarfsorientiert gefertigt, kommissioniert und als Gesamtauftrag an dem Montageplatz bereitgestellt, wodurch dort sehr viel weniger Bereitstellfläche benötigt wird. Bauteile der dritten Artikelklasse, die aufgrund ihrer besonders großen Abmessungen mehr Bereitstellfläche in Anspruch nehmen, müssen zukünftig kurzfristig hergestellt und mittels einer Just-in-Time-Bereitstellung an die entsprechenden Montageplätze angeliefert werden.

Durch die differenzierte Bereitstellung der Bauteile ist eine bessere Verfügbarkeit aller Teile zu erwarten. Weiterhin reduzieren sich die in der Montage gebundenen Bestände sowie Puffer- und Bereitstellflächen. Als direkte Folge davon verringern sich die Suchaufwendungen und die Durchlaufzeiten an den Montagplätzen.

Schlankes Auftragsmanagement – Reengineering und Optimierung der Produktionsprozesse in der HOMAG-Gruppe

Ausgangssituation

Die HOMAG-Gruppe mit Sitz in Schopfloch/Schwarzwald ist der weltweit führende Hersteller von Maschinen und Anlagen für die holzverarbeitende Industrie. Mit einem Weltmarktanteil von 23 Prozent in den Absatzmärkten Möbelfertigung, Bauelementfertigung sowie Holzhausbau bietet die Gruppe exakt auf die Kundenwünsche abgestimmte Lösungen von der Einzelmaschine bis zur kompletten Fertigungsstraße. Die Produktion der komplexen Maschinen und Anlagen erfolgt an insgesamt zehn deutschen sowie vier internationalen Standorten.

Seit dem Jahr 2000 wurden in der HOMAG-Gruppe sukzessive alle Prozesse, die nicht oder nur teilweise mit den Produktionsprozessen zu tun haben, gemäß der HOMAG-IT-Strategie auf eine Standardsoftware umgestellt. HOMAG beabsichtigt nun, diese Strategie auf die produktionsnahen Prozesse und somit auf den gesamten Auftragsabwicklungsprozess auszudehnen. Die Erneuerung der ERP-Software soll ebenso wie das Zusammenspiel mit ggf. erforderlichen Subsystemen optimal vorbereitet werden.

Vor diesem Hintergrund bot sich die Chance, durch ein Reengineering den gesamten Auftragsabwicklungsprozess zu optimieren und zu vereinfachen. Hierdurch lassen sich erfahrungsgemäß erhebliche Nutzen- und Einsparpotenziale erschließen, die die Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere deutscher Standorte, entscheidend verbessern. Diese Potenziale beziehen sich zum einen auf die Erschließung von Verbesserungen in Auftragsabwicklung, Produktion und Logistik und zum anderen auf die Verringerung des Aufwands für die Implementierung der Standard-Software durch die vereinfachten Prozesse.

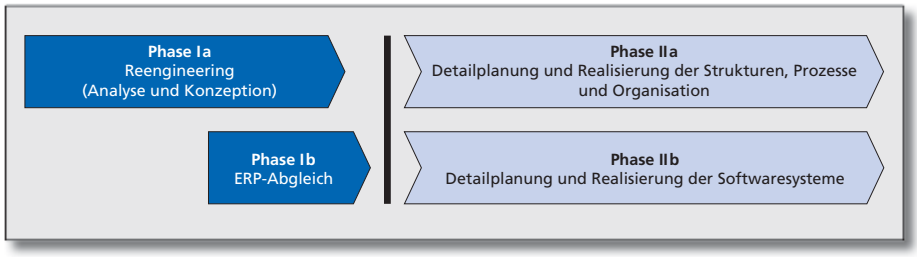


Bild 1 Vorgehensweise in zwei Hauptphasen, welche jeweils in zwei Unterphasen gegliedert sind. Die Phasen Ia und Ib sind Inhalt des beschriebenen Projekts.

Aufgabenstellung und Projektziele

Zur bestmöglichen Nutzung dieser Potenziale wurde durch den Vorstand das Projekt »Pro-Future« ins Leben gerufen. Das Fraunhofer IPA bearbeitete gemeinsam mit Fachexperten der HOMAG-Gruppe von Oktober 2006 bis Juni 2007 die Phase I des Projekts. Aufgabenstellung war das Reengineering (Analyse und Konzeption) des gesamten Auftragsabwicklungsprozesses sowie ein Abgleich der daraus abgeleiteten Soll-Prozesse mit den von der ERP-Standardsoftware gebotenen Funktionalitäten (s. Bild 1).

Aus der für das Gesamtvorhaben formulierten Vision »alle Standorte der HOMAG-Gruppe sollen zu den profitabelsten Produktionswerken gehören«, wurden für das Projekt konkrete Zielsetzungen abgeleitet:

- Klare Aufteilung und Ausrichtung auf die Geschäftsfelder »Serie« und »Projekte«
- Schaffung von prozessorientierten Strukturen

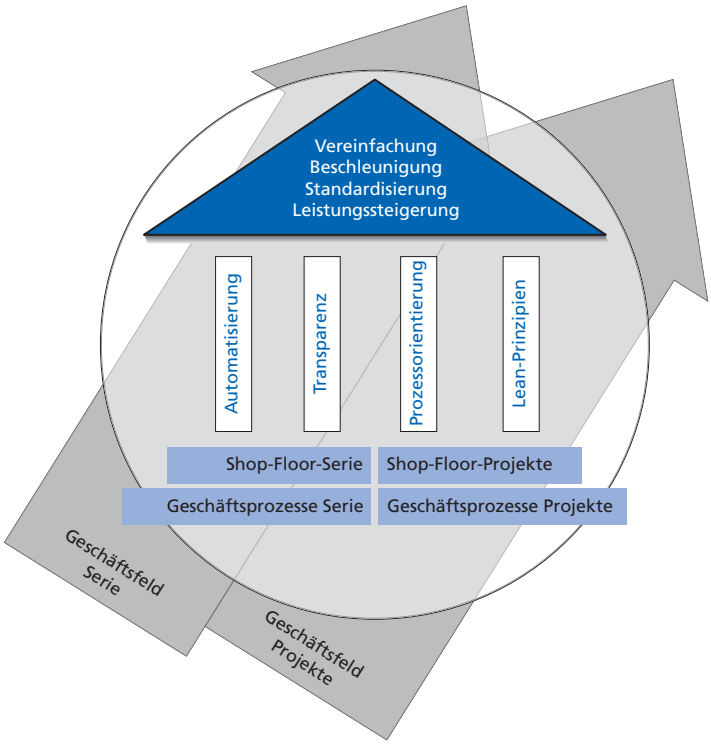


Bild 2
Das Produktionssystem der HOMAG-Gruppe mit den aufgeteilten Geschäftsfeldern »Serie« und »Projekte«.

- Verkürzung der Durchlaufzeiten um Ø 50 Prozent
- Produktivitätssteigerung um Ø 20 Prozent
- Erhöhung der Termintreue auf > 90 Prozent
- Steigerung der Flexibilität auf ± 30 Prozent

Vorgehensweise

Das Vorgehen im Projekt gliederte sich nach den Punkten Analyse, Leitlinienformulierung, Konzepterstellung sowie ERP-Abgleich.

In der Analysephase wurden insgesamt zehn deutsche Standorte der HOMAG-Gruppe untersucht. Dadurch entstand ein detailliertes Bild der Produkt- und Produktionsstrukturen, des organisatorischen Aufbaus sowie der Auftragsabwicklungsprozesse inklusive der genutzten IT-Unterstützung. Schwachstellen und Hinweise auf optimierte Sollprozesse wurden bereits während der Analyse identifiziert.

Darauf aufbauend wurden Leitlinien formuliert, an denen sich die spätere Konzeption ausrichtete.

Wesentlicher Kernpunkt war die konsequente Aufteilung in die Geschäftsfelder »Serie« und »Projekte« (s. Bild 2), um dafür optimal angepasste Strukturen und Prozesse zu entwickeln.

Die hierfür vorgesehenen Konzeptbausteine und deren Nutzen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt (s. Bild 3).

Zum Abschluss der Konzeptionsphase wurden entsprechende Handlungsfelder formuliert und nach monetärem Aufwand und Nutzen abgeschätzt.

Schließlich wurden die erarbeiteten Sollprozesse mit den Funktionalitäten

Serie:	Projekte:
Nutzen ...	**Nutzen ...**
• Vereinfachung der Prozesse • Produktivitätssteigerung durch Standardisierung und Geschäftsprozess-Automatisierung • Reduzierung der Durchlaufzeit im gesamten Auftragsabwicklungsprozess • Termintreue Erhöhung durch definiertes Kapazitätsangebot und getaktete Prozesse	• Produktivitätssteigerung und Prozesssicherheit durch Segmentierung der Organisation • Flexibilität durch Segmentierung der Produktion • Durchlaufzeitreduzierung im gesamten Autragsabwicklungsprozess • Termintreueerhöhung durch angemessene Kapazitätsplanung und Termintransparenz
... durch	**... durch**
• grobe, einfache Lieferfähigkeitsprüfung • grobe taktorientierte Terminierung • mögl. keine Kapazitätsfeinplanung, Terminierung • automatische Umwandlung Angebot und Auftrag • automatische Konfiguration • automatische Abrufe (JIS) bei Lieferanten • Lean-Prinzipien, Wertstrom in der Produktion • Taktmontage	• frühzeitige Einbindung der Projektpartner • definierte Angebotsinhalte und -formate • abgestimmte kapazitätsgeprüfte Lieferterminermittlung • Lean-Prinzipien, Wertstrom, Expressfertigung • Standplatzmontage mit definiertem Flächenraster • Termintransparenz bis in die Partnerwerke • Ergebnisverantwortung bei Projekten

Bild 3 Konzeptbausteine und deren Nutzen.

der bei HOMAG bevorzugten Standardsoftware abgeglichen. Durch Tests am Fraunhofer IPA-eigenen SAP-System sowie in Workshops mit potenziellen Implementierungspartnern ergab sich, dass alle wesentlichen Aspekte mit dem Funktionsumfang des Systems abgedeckt werden können.

Ergebnis und Nutzen

Aus den Ergebnissen der Projektphasen Ia und Ib wurden zwölf Handlungsempfehlungen formuliert:

Aus Kapazitätsgründen und um eine qualitativ hochwertige Umsetzung zu ermöglichen, nahm der Vorstand der HOMAG-Gruppe eine Priorisierung der Handlungsempfehlungen vor.

Mit besonderem Nachdruck wurden in der Produktion schon frühzeitig eigenständig erste Umsetzungsmaßnahmen eingeleitet. Seit Oktober 2007 wird in einzelnen Produktbereichen erfolgreich im Takt montiert.

Die Umsetzung der weiteren Handlungsfelder hat mit Phase II des »Pro Future«-Projekts bereits begonnen. So rüstet sich die HOMAG-Gruppe mit Unterstützung des Fraunhofer IPA für die Herausforderungen der nächsten 10 bis 15 Jahre und setzt somit auch vor dem Hintergrund des kürzlich erfolgten Börsengangs ein wichtiges Signal.

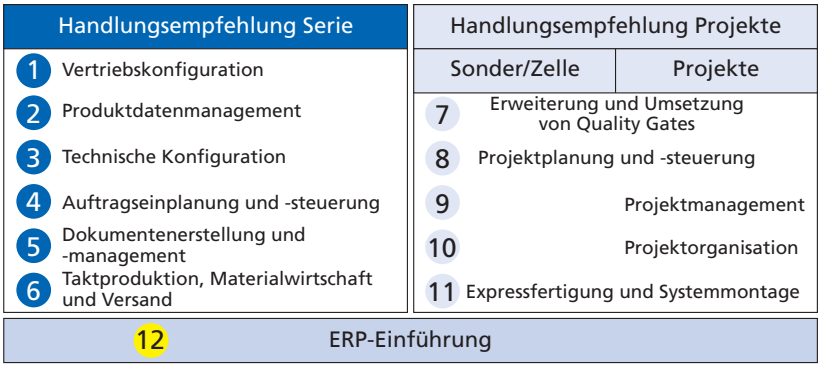


Bild 4 Handlungsempfehlungen getrennt nach den Geschäftsfeldern »Serie« und »Projekte«.

Robotersysteme

Das Interesse an der Robotik ist ungebrochen. Starke Zuwächse belegen die zentrale Bedeutung der Industrieroboter für wettbewerbsfähige Automatisierungslösungen. Insbesondere Innovationen in der Informationstechnik und Sensorik tragen zur Verbesserung des Kosten-Leistungs-Verhältnisses von Industrierobotersystemen bei und erschließen neue Anwendungen.

Serviceroboter verkörpern vielfältige Produktchancen in Wachstumsmärkten. Visionen sehen Roboterassistenten als Helfer des Menschen am Arbeitsplatz oder im häuslichen Bereich.

Das Fraunhofer IPA besitzt in der Robotik anerkannte Erfahrung und gilt als Schrittmacher in der Technologie und der Anwendung von Robotersystemen. Die Abteilung »Robotersysteme« gestaltet Automatisierungslösungen in Produktion, Handel und Dienstleistung – von der Potenzialanalyse bis zur Realisierung. Dazu stehen neben umfangreichen Software-Werkzeugen bestens ausgestattete Versuchsfelder zur Verfügung.

Ausgehend von der Potenzialanalyse, erfolgt die Ermittlung des optimalen Automatisierungsgrads, die Gestaltung manueller oder automatisierter Arbeitssysteme und ihre Integration in Produktionen. Hierbei kommen modernste Methoden und Werkzeuge des »Industrial Engineerings« zum Einsatz.

Schwerpunkte in der Gestaltung von Industrieroboter-Anwendungen sind Montage, Materialfluss-Automatisierung (Handhaben, Palettieren, Kommissionieren, Sortieren, Verpacken und Transportieren), das Schweißen sowie die Materialbearbeitung.

Mittels computergestützter Werkzeuge sowie erstklassiger experimenteller Ausrüstung werden neue robotergestützte Bearbeitungs- und Fügeprozesse entwickelt und in die Praxis transferiert.

Die Entwicklung von Servicerobotersystemen erfolgt für unterschiedlichste Anwendungen: von Manipulatorsystemen für Wartungsarbeiten bis zu mobilen Robotern zur Boden- und Fensterreinigung, zur Überwachung oder im Entertainment.

Innovative Robotersysteme setzen leistungsfähige Schlüsselkomponenten wie Sensoren, Steuerungen, Kinematiken und Greifer voraus. Im Umfeld dieser Schlüsselkomponenten bietet das Fraunhofer IPA umfassende Dienstleistungen zur Komponenten- oder Verfahrensentwicklung an.

Inkrementelle Blechumformung

Innovative matrizenfreie inkrementelle Blechumformung mit Industrieroboter

Einsparpotenzial hinsichtlich Zeit und Kosten durch den Einsatz inkrementeller Blechumformung mit einem Industrieroboter zur Fertigung von Prototypen, Kleinserien und Werkzeugen

Ausgangssituation

In der Serienfertigung werden 3-D-Blechteile mit konventionellen Umformverfahren hergestellt, z. B. Tiefziehen oder Streckziehen. Gemeinsames Kennzeichen dieser Verfahren ist, dass sehr hohe Umformkräfte auftreten und die Umformwerkzeuge eine hohe »Geometriebindung« aufweisen. Bei kleiner Losgröße oder variantenreicher Serienproduktion sind diese Umformverfahren aufgrund der hohen Investitionskosten für die Anlagentechnik sowie der hohen Fertigungskosten und -zeiten der Umformwerkzeuge daher oft nicht wirtschaftlich einsetzbar.

Speziell für die heutige Umformtechnik stellen die immer kürzer werdenden Produktlebenszeiten bei gleichzeitig gestiegenen Anforderungen an Funktionalität, Umweltverträglichkeit und Qualität eine große Herausforderung dar. Der Trend zu immer komplexeren Bauteilgeometrien bei gleichzeitig deutlich abnehmenden Losgrößen widerspricht den heutigen kostenintensiven Produktionsanlagen, die für eine wirtschaftliche Produktion großer Stückzahlen ausgelegt sind.

Innovation

Am Fraunhofer IPA entstand die Idee, Blechteile direkt aus CAD-Daten ohne die Verwendung einer Matrize mit dem Industrieroboter hämmernd umzuformen. Das inkrementelle Blechumformverfahren ist somit das einzig verfügbare Verfahren, das ohne Matrize und mit einer überlagerten hochfrequenten Hämmerbewegung eingesetzt wird.

Das innovative Blechumformverfahren ermöglicht bei reduzierten Investitionskosten für die Anlagentechnik durch den Robotereinsatz und ohne zusätzliche Kosten für die Matrizenherstellung die Produktion von Prototypen und Blechteilen kleiner Losgrößen innerhalb weniger Stunden. Aufgrund des Verzichts auf eine Matrize können Geometrieänderungen von Blechteilen innerhalb kürzester Zeit realisiert werden, da lediglich neue CAD-Modelle bzw. neue Umformpfade generiert werden müssen. Bild 1 zeigt die Roboterzelle mit dem hierfür entwickelten Hammerwerkzeug.

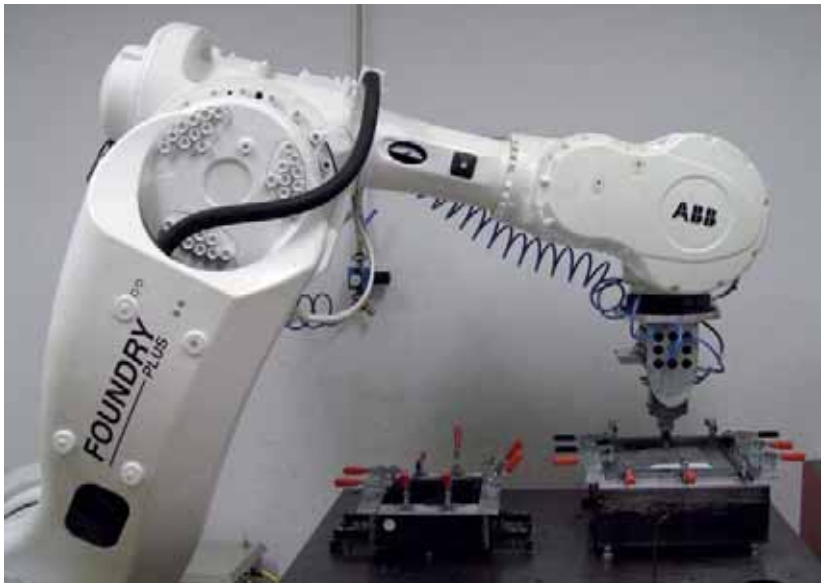


Bild 1 Roboterzelle zur matrizenfreien inkrementellen Blechumformung.

Funktionsweise

Bei dem entwickelten Verfahren wird das eingespannte Blech mithilfe eines robotergeführten vertikal oszillierenden halbkugelförmigen Hammerwerkzeugs mit einer Schlagfrequenz von 200 Hz und einer Stempelamplitude von 2 mm umgeformt. Beispielformteile aus Lochblech, Aluminium und DC01 sind in Bild 2 dargestellt. Die Einspannung erfolgt flexibel am Rand der umzuformenden Geometrie. Da gegenüber dem Tiefziehen oder der Hydroumformung unterhalb des Blechs keine Matrize benötigt wird, ist eine geometrieungebundene Blechumformung möglich. Während der Umformung wird das Hammerwerkzeug je nach Umformstrategie auf geschlossenen Bahnen von außen nach innen über das Blech geführt, wobei zwischen den einzelnen Bahnen jeweils in Richtung der negativen z-Achse zugestellt wird. Das Blech wird somit Bahn für Bahn nach unten gehämmert. Bild 3 zeigt den sequentiellen Prozessablauf von der Einspannung bis zum umgeformten Blechteil.

Vorteile des hämmernden Umformens

Ähnlich wie beim manuellen Treiben von Blech ergeben sich die Vorteile durch das abrupte Abbremsen des Umformstempels beim Auftreffen auf das Blechteil. Die Abbremsbewegung entsteht allein durch das Werkzeug. Dies erlaubt

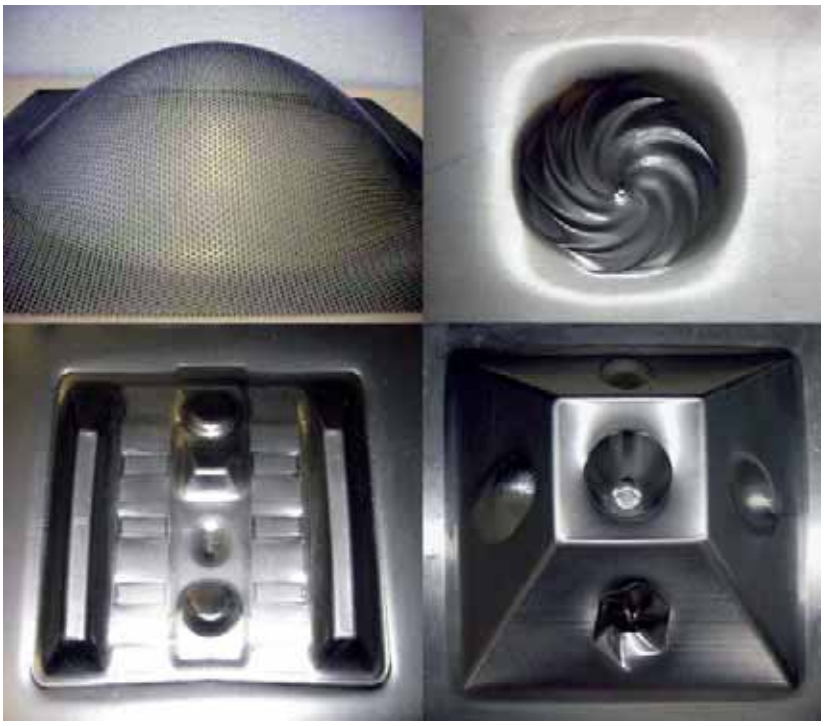


Bild 2 Beispielformteile, hergestellt durch inkrementelle Blechumformung.

den Einsatz von kostengünstigen und flexiblen Industrierobotern. Weiterhin wird durch die hohe Umformgeschwindigkeit bei dieser Art der Umformung das Werkstück nur im Bereich der Kontaktzone plastisch verformt. Die Massenträgheit des Blechs hat zur Folge, dass bei einer hämmernden Umformung, die Umformzone im Wesentlichen auf den Bereich unterhalb des Umformstempels begrenzt ist.

Eine Umformung ohne Matrize wird dadurch überhaupt erst möglich. Aufgrund des ständigen Abhebens des Umformstempels vom Blech entsteht im Gegensatz zu anderen inkrementellen Blechumformverfahren, die auf drückenden Mechanismen basieren, kaum eine Reibkraft, die entgegen der Vorschubrichtung wirkt. Dies erhöht die Maßhaltigkeit des Blechteils und reduziert die in das Blechteil eingebrachten Spannungen. Zudem kann die Umformung von Lochblech durchgeführt werden.

Einsatzbereich

Der Einsatzbereich des Verfahrens ist vielfältig: Karosseriebleche, Edelstahlwaschbecken, Woks, Abdeckungen für Waschmaschinen, Designware, Edelstahlleuchten, Flugzeugbleche, Katalysatordeckel, Lötbecken, Kappen für Parfümflaschen, Gehäuseabdeckungen etc. können mit dem Verfahren als prototypisches Umformteil bis hin zu Kleinserien hergestellt werden.

Weiterhin ist die Individualisierung von tiefgezogenen Blechteilen möglich, um z. B. Fahrzeuge wie Sport- und Luxusautomobile von der Serie abzuheben, ohne hierfür zusätzliche Matrizen herstellen zu müssen. Die Herstellung von Automobilen mit Schriftzügen, Logos und Designelementen auf Kundenwunsch wird möglich.

Eine Zukunftsvision zur Herstellung von Kleinserien könnte die Ablösung mehrstufiger Tiefziehprozesse sein. Durch Verfahrenskombination des inkrementellen Vorformens mit dem Industrieroboter und anschließendem Tiefziehen mit nur einer Matrize können enorme Einsparpotenziale durch den Verzicht der Herstellung mehrstufiger Tiefziehwerkzeuge realisiert werden.

www.roboshaping.de

Bild 3 Sequenzen der Umformung eines aktuellen industriellen Bauteils.

Konsumgüter sicher im Griff
Aufwälzgreifer flexibilisiert Intralogistik

Ausgangssituation

In der Intralogistik muss ein immenses Spektrum von Gütern gehandhabt werden und Greifer stellen hierfür eine Schlüsseltechnologie dar. Das Aufwälzprinzip ist dabei extrem vielversprechend, hat jedoch auch seine Tücken. Im Rahmen des Verbundprojekts »Greifmodule für die Intralogistik« wird daher am Fraunhofer IPA ein Aufwälzgreifer-Baukasten entwickelt, der nicht nur extrem flexibel, sondern auch robust und wirtschaftlich sein soll.

Die Intralogistik, die sich mit dem innerbetrieblichen Materialfluss beschäftigt, hat sich aufgrund ihres starken Wachstums in den vergangenen Jahren zu einer Schlüsselbranche für moderne Wirtschafts- und Produktionsprozesse entwickelt. Die Produkte und Dienstleistungen der Intralogistik-Branche konzentrieren sich derzeit jedoch auf das Fördern und Lagern. Dabei bietet die automatisierte Handhabung mit Robotern – also das Depalettieren, Kommissionieren oder Verpacken – als dritte Säule der Intralogistik noch ein enormes Potenzial für Anwender zur Steigerung der Effizienz ihrer Intralogistik-Prozesse.

Aufgaben und Ziele

Der Intralogistik-Markt zeigt zwar eine Vielzahl von Greifern und Greifsystemen für die Stückguthandhabung auf, diese zeichnen sich jedoch durch eine hohe Spezialisierung auf bestimmte Anwendungen und Produkte aus. Vakuumgreifer beispielsweise erfordern steife glatte Oberflächen und eine Zugriffsmöglichkeit von oben. Dies ist nicht bei jeder Bereitstellungsart wie z. B. beim Greifen aus Containern oder sonstigen Behältern der Fall. Auch das Greifen von Trays (z. B. Jogurt-Becher auf Papp-Karton) und anderen Verpackungskombinationen ist nicht möglich. Klemmgreifer hingegen benötigen stets zwei freie gegenüberliegende Flächen, d. h. sie sind nicht für im Verbund liegende Güter, wie dies z. B. bei einer Palette der Fall ist, geeignet. Des Weiteren muss ein Gut eine ausreichende Formstabilität bzw. Druckunempfindlichkeit gegenüber den Greifkräften aufweisen.

Aufwälzen als flexibles Greifprinzip

Das Aufwälzen ist ein Greifprinzip mit dem Potenzial, diese Lücke zu schließen. Dazu wird ein Friktionselement (eine Reibwalze oder ein Förderband) stirnseitig gegen ein Stückgut gefahren und rückwärts gedreht (s. Bild 1). Es entsteht eine nach oben gerichtete Reibkraft, die das Gut aufsteigen lässt, so dass es schließlich unterfahren werden kann.

Prinzipiell ist eine Vielzahl von Produkten aufwälzbar. So können beispielsweise mit diesem Prinzip Säcke, Trays, Kisten und Kartons gegriffen werden. Wie einleitend beschrieben hat das Aufwälzen jedoch auch seine Tücken. Zu nennen ist insbesondere die Prozesssicherheit und die Gewährleistung der Unversehrtheit des zu greifenden Objekts. Da es unter diesen Randbedingungen einfacher ist, ganze Lagen zu greifen, konzentrieren sich bisherige Systeme auf den Lagengriff.

Darüber hinaus geht der Trend im Bereich der Greiftechnik dazu über, mehrere Greifprinzipien in einem Greifer zu vereinen. Beispiele dafür sind Vakuumgreifer mit mechanischer Unterstützung. Entsprechend kann auch ein Aufwälzmodul als Unterstützung für Vakuumgreifer verwendet werden.

Ziel des Verbundforschungsprojekts »Greifmodule für die Intralogistik« ist daher die Entwicklung eines Baukastensystems, mit dem sowohl Aufwälzgreifer für den Einzelgriff als auch Aufwälzmodule zur Kombination mit weiteren Greifprinzipien hergestellt werden können, die eine flexible, robuste und wirtschaftliche Automatisierung in der Intralogistik ermöglichen. Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Forschungsauftrag des Landes Baden-Württemberg, das aus Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH finanziert wird. Projektpartner sind die Artur Bär Maschinenbau GmbH, die J. Schmalz GmbH und die Schunk GmbH & Co. KG.

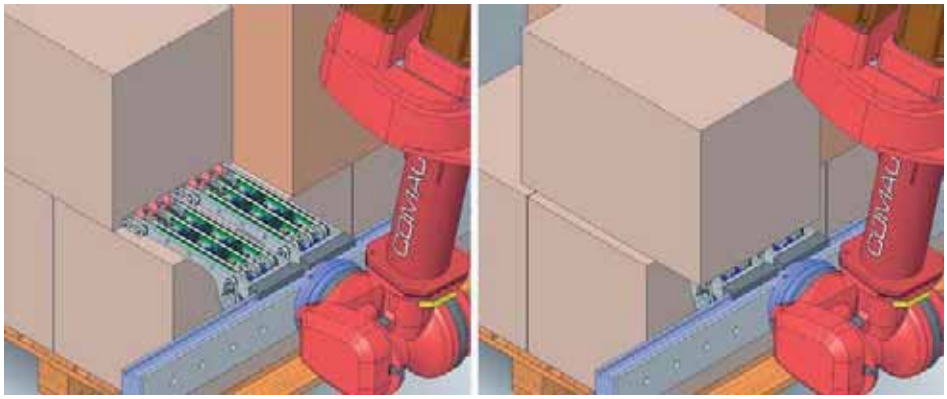


Bild 1 Prinzip des Aufwälzens.

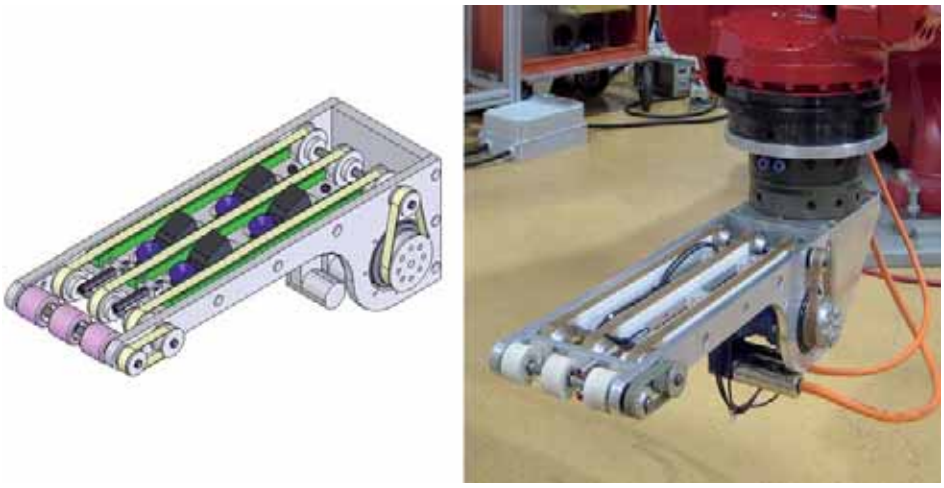


Bild 2 Aufwälzmodul im CAD (li.) und am Roboter in den Versuchsfeldern des Fraunhofer IPA (re.).

Auf diese Weise entsteht als Projektergebnis ein modularer Baukasten, in dessen Mittelpunkt das Aufwälzen steht und mit dem Greifer aufgebaut werden können, die auf die Anforderungen des jeweiligen intralogistischen Prozesses zugeschnitten sind. Durch die wissenschaftliche Untersuchung des Aufwälzvorgangs und des Zusammenspiels aller Komponenten wird daher die Prozessstabilität des Greifens sichergestellt. Dadurch sollen zukünftig speziell das Palettieren, Depalettieren und Kommissionieren bei gemischtem Stückgutspektrum automatisiert und somit eine Möglichkeit zur Effizienzsteigerung dieser Prozesse geboten werden.

Vorgehensweise und aktueller Projektstand

Kern dieses Baukastens ist ein Aufwälzmodul. Daher wurde zunächst ein solches Modul konstruiert und gebaut. Anschließend wurde eine Vielzahl von Versuchen durchgeführt. Dazu wurden für Objekte unterschiedlicher Verpackungsart, unterschiedlicher Abmessungen und unterschiedlicher Gewichte mehrere Greifvorgänge ausgeführt. Dabei sind jeweils das Friktionselement ausgetauscht und die Anpresskräfte, die Aufwälzmomente und der Anfahrtswinkel systematisch variiert worden.

Im weiteren Verlauf des Projekts wird auf Basis dieser Versuchsergebnisse die mechanische Konstruktion des Baukastens vorangetrieben. Darüber hinaus werden derzeit unterschiedliche sensorische Ausstattungen des Greifsystems untersucht, um mit möglichst geringem sensorischen und regelungstechnischen Aufwand das Aufwälzen prozesssicher realisieren zu können. Auch hier sollen unter systematischer Veränderung der Ausgangsbedingungen die Systemzusammenhänge untersucht werden.

Bei diesem Projekt handelt es sich um einen Forschungsauftrag des Landes Baden-Württemberg, das aus Mitteln der Landesstiftung Baden-Württemberg gGmbH finanziert wird.

Bild 3 Versuche mit dem Aufwälzmodul.

Computerunterstützte Rekonfiguration von Automatisierungssystemen

Ausgangssituation

Die Einrichtung großer, moderner Fertigungsanlagen zeichnet sich heute durch einen hohen manuellen Anteil aus, begleitet von einem großen Engineering-Aufwand und hohen Kosten. Die Fertigung selbst wird dann von Maschinen ausgeführt, die Planung und Einrichtung von Ingenieuren. Mit zunehmender Variantenzahl und kürzeren Produktzyklen wird die Rekonfiguration dieser Anlagen zur Schlüsseltechnologie.

Aufgaben und Ziele

Die Zielsetzung des Projekts SIARAS ist die einfache, dynamische Rekonfiguration von komplexen Fertigungsprozessen wie z. B. in einer Linienfertigung. Dadurch kann eine kosteneffiziente und flexible Herstellung von Produkten im Zusammenhang mit zeitnaher Umsetzung geänderter Kundenwünsche realisiert werden, da der Prozess nicht von Grund auf neu konfiguriert werden muss. SIARAS wird von der EU im Rahmen des Förderprogramms »Integrating and Strengthening the European Research Area« für 36 Monate gefördert. Das Projektkonsortium besteht aus den Partnern Fraunhofer IPA, ABB Automation Technologies AB, Schweden, Inos Hellas SA, Universitatea Politehnica din Timisoara, Asentics GmbH & Co. KG, Sick AG, Lunds Universitet und Robcon SRL.

Die Kernidee besteht aus dem »skill-based manufacturing«, also der fähigkeitsorientierten Fertigung. Dabei sind sich die Produktionseinheiten ihrer Fähigkeiten mittels eingebetteten Wissens bewusst. Ein Skill ist dabei eine Fähigkeit eines Geräts, die es im Produktionsablauf durchführen kann. Ein Beispiel hierbei ist der Skill »Bohren«, der von einer Bohrmaschine implementiert wird. Die Klassifizierung dieser Skills in eine maschinenlesbare Ontologie ermöglicht die Unterstützung des Experten durch Software in der Auswahl und Konfiguration der Geräte. Die Ontologie bildet die Wissensbasis, die dem Menschen zugängliches Hintergrundwissen der Maschine zur Verfügung stellt. So kann bei der Rekonfiguration von Produktionsanlagen das vor Ort notwendige Expertenwissen über die einzelnen Komponenten reduziert werden.

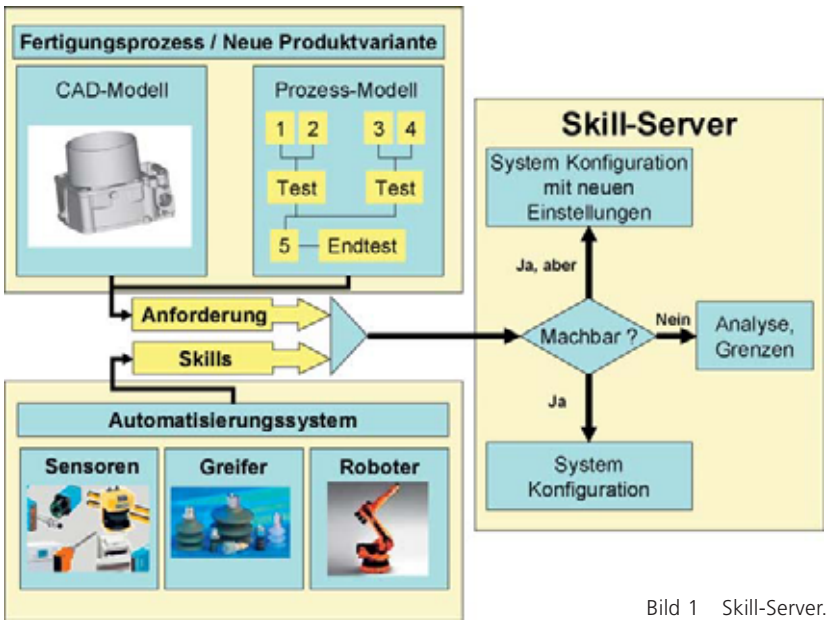


Bild 1 Skill-Server.

Das Projekt SIARAS setzt die Modellierung von Skills auf ausgewählten Beispielprozessen mit dem Schwerpunkt auf Fertigung und Inspektion um. Darüber hinaus wird ein Skill-Server erstellt, der die Zuordnung zwischen den verfügbaren Skills der Geräte und den Teilaufgaben des Fertigungsprozesses durchführt. Der Skill-Server entscheidet aufgrund seiner Wissensbasis und der verfügbaren Skills über die Zuordnung von Produktions- und Inspektionsaufgaben, die unter anderem aus CAD-Daten und Ablaufbeschreibungen gewonnen werden, zu den Geräten eines gegebenen Fertigungssystems. Diese Entscheidung beinhaltet eine mögliche neue Konfiguration des Systems und ggf. deren Grenzen und Einschränkungen.

Projektbeschreibung

Da ein Computer nicht über das breite menschliche Vorwissen als Entscheidungsbasis verfügt, muss dieses Wissen modelliert werden. Dies geschieht mithilfe einer Ontologie. Darin sind Informationen über alle automatisierungstechnischen Komponenten enthalten, über die dieses System Wissen benötigt. Dazu gehören u. a. die Geräte, die Skills und die Eigenschaften.

Die Ontologie beschreibt abstrakt einzelne Komponenten, ohne sich jedoch auf konkrete Instanzen zu beziehen. Die realen Geräte werden getrennt in einer so genannten Device Library gehalten, um die Ontologie unabhängig von der Anwendung zu halten. Das hat zur Folge, dass ein Anwender nur die Device Library erweitern muss, wenn er auf zusätzliche Geräte zurückgreifen möchte. Die Ontologie selbst wird mithilfe des Tools Protégé (Ontologie-Editor mit OWL-Plugin) erstellt, um daraus eine computerlesbare Beschreibung im OWL-Format (Web Ontology Language) zu erhalten. Diese Beschreibung wird

vom Skill-Server als Wissensbasis und Entscheidungsgrundlage verwendet.

Skill-Server

Kern des ganzen Systems ist der Skill-Server. Er liegt an der Schnittstelle zwischen Benutzer und hinterlegtem Wissen. Im Wesentlichen beantwortet der Skill-Server Fragen und trifft Entscheidungen. Seine Ausgangsbasis ist eine Prozessbeschreibung samt Werkstückdaten. Daraus generiert er unter Einbeziehung zusätzlicher Parameter oder Restriktionen eine neue Konfiguration (s. Bild 1).

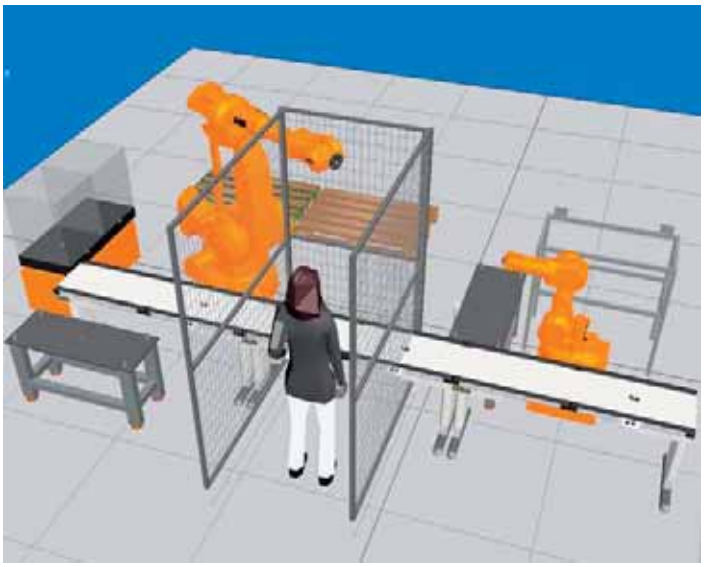


Bild 2
Fertigungszelle, die durch Benutzerinteraktion rekonfiguriert werden kann.

Eine Systemkonfiguration ist die Zusammensetzung einer Fertigungslinie. Dazu gehören Layout, eingesetzte Geräte, Parameter- und Konfigurationssätze. Eine Konfiguration wird als plausibel betrachtet, wenn die Prozessbeschreibung unter den gegebenen Randbedingungen ausführbar ist. Beispielsweise sind die Sensorparameter hinterlegt. Wenn beispielsweise ein Matrixcode von einem Bauteil in 30 cm Entfernung abzulesen ist, der eingesetzte Sensor jedoch einen Messbereich bis 20 cm hat, so wird diese Konfiguration als ausführbar bezeichnet, wenn der Abstand modifiziert oder ein anderer Sensor mit einer größeren Reichweite eingesetzt wird.

Der Skill-Server bewertet also die vorliegende Konfiguration stets nach vorgegebenen Kriterien und versucht diese hinsichtlich vorgegebener Parameter zu optimieren. Zu diesem Zweck werden auch Techniken der Künstlichen Intelligenz eingesetzt.

Ein Beispiel für eine Eingangsfrage für den Skill-Server kommt aus einer Änderung der Durchsatzspezifikation: Ist die modifizierte Genauigkeit mit der gegebenen Konfiguration erreichbar? Wenn nein, welche Komponenten müssen durch welche ersetzt werden? Sind diese verfügbar?

Generell werden dem Skill-Server derartige Anfragen gestellt, die er dann auf Basis seines Wissens verarbeitet und beantwortet. Aufgrund der Antworten erfolgt dann die Rekonfiguration.

Ergebnis

Praktisch verwendet der Anwender den Skill-Server, wenn neue Anforderungen oder geänderte Parameter vorliegen. Sie werden in den Skill-Server eingegeben, der dann mithilfe der Prozessbeschreibung über die Ausführbarkeit der neuen Konfiguration entscheidet und ggf. Hinweise zur Verbesserung gibt. Dieses Vorgehen bietet darüber hinaus das Potenzial, Geräte mithilfe des Skill-Servers zu parametrieren und den ganzen Prozess zu optimieren.

Zur Darstellung eines solchen Ablaufs und für weitere praktische Tests wird derzeit ein Demonstrator aufgebaut, der auf der Automatica 2008 in München ausgestellt wird. Die geplante Zelle ist in Bild 2 dargestellt. Dort kommen zwei Industrieroboter zum Einsatz. Der erste führt vorwiegend Pick-and-Place-Anwendungen aus, wobei er Objekte mithilfe von Bildverarbeitung auch auf einem Förderband verfolgt. Der zweite Roboter bedient den Fertigungsbereich durch Bohren und Fräsen in Holz- oder Metallplatten. Zusätzlich werden optische Inspektionssysteme zur Qualitätssicherung verwendet.

Typische Rekonfigurationsaufgaben sind hier der Austausch von Werkstücken hinsichtlich Größe, Gewicht und Material und die Modifikation der Zykluszeit. Diese Änderungen wirken sich auf die gesamte Prozesskette aus und machen die Leistungsfähigkeit des Skill-Servers deutlich. Außerdem ist auch eine Interaktion mit dem Bediener geplant, die die Freiheiten des Systems demonstriert.

Acknowledgement: SIARAS ist ein Projekt im 6. Rahmenprogramm der Europäischen Union. Es wird von der EU im Rahmen des Förderprogramms »Integrating and Strengthening the European Research Area« für 36 Monate unter der Nummer NMP2-CT-2005-017146 gefördert.

DESIRE
Verteilte Software-Entwicklung in der Robotik – ein Integrations- und Testframework

Ausgangssituation

Mit der voranschreitenden Entwicklung und dem immer vielfältigeren Angebot von Einzelkomponenten in der Automatisierungstechnik und Robotik wird die Integration gegenüber der Komponentenneuentwicklung immer wichtiger. Viele Komponenten, die nicht alle aus einer Hand stammen, müssen zu einem Endsystem zusammengefügt werden. Die Fülle an unterschiedlichen Hard- und Softwarebausteinen macht es unumgänglich, möglichst viel existierende und erprobte Komponenten in einem geplanten Zielsystem wiederzuverwenden, um nicht einen Großteil der anvisierten Entwicklungsarbeiten, z. B. in die Inbetriebnahme von Kameras, Laserscannern, Servo-Achsen etc., zu investieren.

Andererseits sollte die jeweils aktuellste und leistungsfähigste Hardware verwendet werden, damit die Unzulänglichkeiten älterer Komponenten nicht das Gesamtsystem bremsen. Die neuesten Hardwarebausteine in der Robotik sind jedoch meist Spezialanfertigungen und somit sehr teuer.

Als Konsequenz entstehen viele Roboterplattformen, deren Ausstattungen auf den jeweiligen Forschungsschwerpunkt angepasst sind. Viele neu entwickelte Algorithmen können nur schwer miteinander verglichen werden, da sie auf verschiedenen Zielsystemen arbeiten. Eine Portierung auf andere Roboterhardware ist mit viel Aufwand verbunden, so dass eine Komparation oft ausbleibt. Diese ist jedoch wichtig, um Kontinuität und Fortschritt in der Forschung zu erreichen.

Projektbeschreibung

DESIRE ist angelegt als Verbundvorhaben mit zwei Schwerpunkten: Die Entwicklung technologischer Grundlagen der Servicerobotik und die Anwendungen dieser Grundlagen im Bereich Alltag. Der Forschungsverbund besteht aus 17 Partnern aus der industriellen Automatisierung, renommierten Forschungseinrichtungen und Universitäten auf dem Gebiet der Robotik, wobei das Fraunhofer IPA die Konsortialleitung innehat.

Im Grundlagenteil des Vorhabens werden wissenschaftliche Querschnittsthemen wie Architektur, Modelle und Ontologien, Mechatronik, mobile Manipulation und Wahrnehmung adressiert. Der Anwendungsteil des Vorhabens zielt auf die Integration und Evaluierung dieser Grundlagen in einer gemeinsamen Technologieplattform und weiteren spezifischen Anwendungen ab.

Neben der Integration wird während der gesamten Laufzeit eine Schritt haltende Evaluierung der Verfahren und Komponenten bezüglich klar definierter Indikatoren durchgeführt, um die Entwicklung in Richtung Alltagstauglichkeit zu messen. In der letzten Phase des Verbundvorhabens wird diese Evaluation auch die bis dahin integrierten Gesamtsysteme (Technologieplattform und spezifische Anwendungen) einbeziehen.

Verantwortlich für die Integration ist das Fraunhofer IPA.

Aufgabe

Im Forschungsprojekt DESIRE werden zahlreiche Hardware- und Softwarekomponenten zu einem Gesamtsystem, einer mobilen Serviceroboterplattform, zusammengefügt. Um eine reibungslose Integration dieser einzelnen Bausteine zu gewährleisten, werden im Rahmen des Projekts Komponenten entwickelt, die den Zusammenbau erleichtern:

- Dazu zählt ein Integrationsframework, das den Aufbau der Komponenten formalisiert und eine einfache Anbindung an das Gesamtsystem ermöglicht.
- Neben der software-technischen Unterstützung sind weiterhin spezielle Kommunikationsstrukturen erforderlich, die die Zusammenarbeit von (räumlich getrennten) Hardware-Komponentenherstellern, Software-Applikationsentwicklern und Integratoren auf dem Gesamtsystem ermöglichen.
- Auf der koordinativen Ebene ist schließlich ein Vorgehensmodell notwendig, das den Entwicklungsfortschritt sicherstellt, der insbesondere bei Forschungsprojekten oft nicht genau im Vorhinein planbar ist.

Ergebnis

Während des Berichtszeitraums wurde im Projekt DESIRE die mechanische und elektrische Integration neuer Hardwarekomponenten erfolgreich abgeschlossen. Die Plattform (s. Bild 1, links) besteht aus folgenden Komponenten:

- Omnidirektionales Fahrwerk mit acht Fahrantrieben
- Zwei Arme mit jeweils sieben Freiheitsgraden
- Zwei Hände mit jeweils 14 Freiheitsgraden
- Beweglicher Sensorkopf (2 Freiheitsgrade) mit zwei Farbkameras und einer 3-D-Kamera

Aufbauend auf diesen Hardwarekomponenten wurden mehr als 15 einzelne Applikationen bzw. Softwarekomponenten entwickelt (s. Bild 1, rechts). Alle Softwarekomponenten erfüllen eine standardisierte, mithilfe der Beschreibungssprache IDL definierte Schnittstelle, die sich auch leicht auf andere Projekte übertragen lässt. Dadurch entfällt die

sonst übliche aufwändige Anpassung der Software auf das spezielle System. Die Schnittstelle beschreibt zum einen die angebotene Funktionalität der Komponente in einem für alle verständlichen Format und garantiert die Erfüllung spezifischer Kommunikationsstrukturen wie z. B. die Abfrage nach dem Status der Komponente oder dem Bearbeitungsstand einer Aufgabe.

Um die Zusammenarbeit der an mehreren Standorten verteilten Entwickler zu erleichtern, wurden folgende Werkzeuge verwendet:

- Ein virtuelles privates Netzwerk (VPN), das die Anzahl der kostenintensiven Integrationstreffen an einem Ort reduziert
- Ein Integrationsserver, der die Softwarequalität der gesamten Quellen kontinuierlich durch regelmäßiges Übersetzen und anschließende Funktionstests (unit tests) überprüft
- Ein IRC-Server, der zum einen die Kommunikation der Entwickler untereinander gewährleistet und zum anderen durch so genannte »Bots« das Starten und Beenden von einzelnen Softwarekomponenten ermöglicht
- In der letzten Projektphase sollen diese Tools auf einer Webseite zusammengeführt werden, die den Projektbearbeitern – ggf. mithilfe von Webcams – weitreichende Entwicklungsmöglichkeiten aus der Ferne erlaubt und den Projektkoordinatoren einen umfassenden Überblick zum aktuellen Projektstand ermöglicht

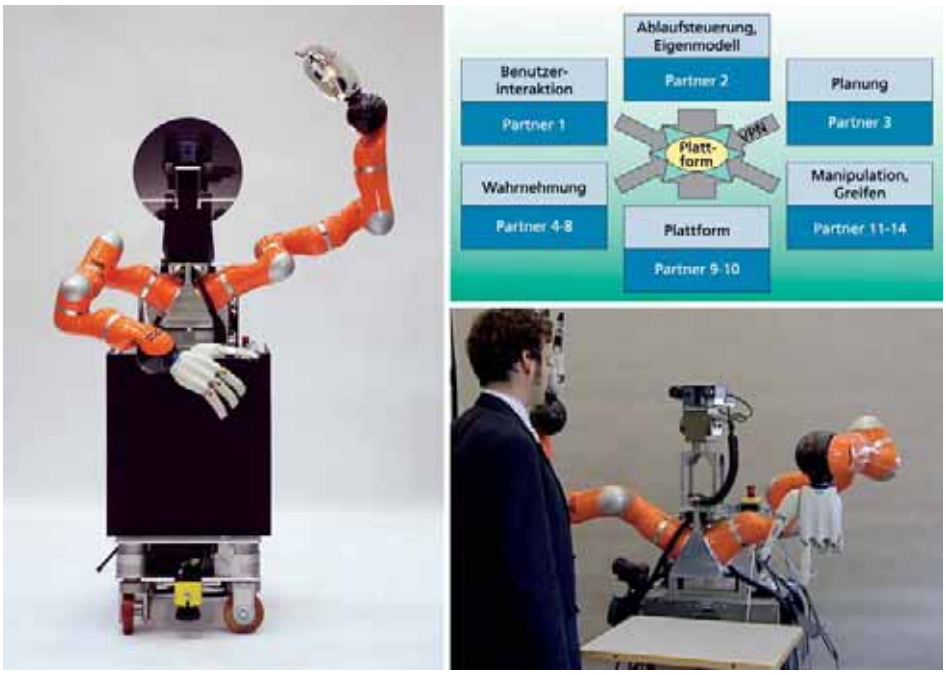


Bild 1 links: Technologieplattform (Stand 09/07), rechts oben: Softwarekomponenten, rechts unten: Szenario Mensch-Roboter-Interaktion.

Die entstandenen Werkzeuge und gewonnenen Erfahrungen bezüglich Koordination und Organisation des Integrationsprozesses können in ähnlich angelegten Projekten, d. h. mit vielen, ggf. räumlich verteilten Projektteilnehmern, vorteilhaft eingesetzt werden und die Projektanlaufphase erheblich verkürzen.

Das Verbundprojekt DESIRE (www. service-robotik-initiative.de) wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, Referat 524 Softwaresysteme; Wissenstechnologien), Fördernummer 01IME01A. Dem Projektträger im DLR PT-SW (Softwaresysteme) in Berlin ist das Fraunhofer IPA sehr verbunden für die Unterstützung und gute Zusammenarbeit.

Der kognitive Robot-Compagnion

Ausgangssituation

Durch den Einsatz mobiler Serviceroboter auch außerhalb traditioneller Produktionsanlagen sollen dem Menschen kostenintensive oder einfach nur unbequeme Aufgaben abgenommen und damit die Lebensqualität verbessert werden. Im Unterschied zu industriellen Arbeitszellen befinden sich diese Roboter in einer zunächst unbekannten Umgebung. Neben der Umgebungsstruktur kann dabei auch die Art der zu erledigenden Aufgaben stark variieren sowie die involvierten Objekte wie z. B. Werkzeuge und deren Nutzung.

Projektbeschreibung

Im Rahmen von COGNIRON werden Methoden und Algorithmen entwickelt, die es dem Roboter ermöglichen, seine Umgebung aktiv wahrzunehmen und angemessene Handlungen abzuleiten. Dazu gehören insbesondere Technologien, die eine intuitive Bedienung des Roboters ermöglichen, sowie Lernmethoden, die der Benutzer verwenden kann, um dem Roboter die für die zuverlässige Durchführung einfacher Haushaltsaufgaben relevanten Daten selbst beizubringen. Ziel ist es, dass der Roboter bedient werden kann, ohne dass der Benutzer über einen technischen Background in der Robotik verfügen muss. Eine zentrale Fragestellung im Projekt COGNIRON lautet daher: Wie können hoch komplexe Systeme, Serviceroboter, so gestaltet und programmiert werden, dass der Benutzer von Beginn an mit dem Roboter arbeiten kann. Dabei sollten das Wissensspektrum und damit die Fähigkeiten des Roboters während der Aufgabenausführung im täglichen Betrieb kontinuierlich erweitert werden. Aus der Vielfalt der in COGNIRON behandelten Forschungsthemen werden die Personenerkennung und die lernfähige Objekterkennung näher vorgestellt.

Ergebnis

Personenerkennung

Für das Lernen durch Interaktion mit dem Roboter sowie für eine möglichst einfache und intuitive Kommunikation und Instruktion des Roboters sind Erkennungsalgorithmen notwendig, die Informationen über die aktuelle Position des menschlichen Gegenübers sowie dessen Bewegungen aus Sensordaten extrahieren können. Dazu wurde in COGNIRON u. a. in einer Kooperation zwischen dem Fraunhofer IPA und der Universität Karlsruhe ein Erkennungsverfahren realisiert, das den Menschen in 3 D detektiert sowie relevante Gelenkstellungen berechnet. Die Funktionsweise des Verfahrens ist in Bild 1 dargestellt: Die Erkennung basiert auf einer Time-of-Flight-Tiefenbildkamera, die pro »Pixel« einen Distanzwert zu einem reflektierenden Objekt in der Umgebung misst (Bild 1). Der Vorteil dieser Technik ist, dass 3-D-Informationen praktisch sofort zur Verfügung stehen und veränderliche Farbstrukturen (z. B. hervorgerufen durch unterschiedliche Kleidung) keinen negativen Einfluss auf die Qualität der Erkennung haben.

Zunächst wird das Bild einer 3-D-Kamera aufgenommen (Bild 1, links). Nach der Bildaufnahme wird eine Vorerkennung und Initialisierungsprozedur aktiviert. Dazu wurden einige spezielle Algorithmen für die Erkennung der Beine und der Kopfposition entwickelt (Bild 1, Mitte). Durch den Fokus auf diese speziellen Körperteile sind die Algorithmen sehr schnell (< 1,0 ms). Anschließend werden die Arme durch ein Linienmodell überlagert, um für die weitere Verarbeitung eine Vorschätzung der Armgelenkkonfigurationen bereitzustellen. Wenn alle diese Algorithmen erfolgreich terminieren, dann wird mit den ermittelten Daten ein Zylindermodell berechnet, das Volumeninformationen und weitere Gelenkstellungen enthält (Bild 1, rechts). Dieses Verfahren wird iterativ über mehrere Bilder in einer Folge erneuert, so dass komplette Bewegungsabläufe verfolgt werden können, z. B. zur Gestenerkennung. Alle Algorithmen sind so organisiert, dass bei nicht erfolgreicher Erkennung jeweils die vorherige Erkennungsstufe wieder aktiviert wird, wodurch das Verfahren sehr robust gegenüber veränderlichen Umgebungsbedingungen wird.

Neben dem Einsatz in der Steuerung eines Serviceroboters sind für diese Software auch andere Anwendungen denkbar wie z. B. Überwachung von Zugangsbereichen, Personenzählungen (z. B. in Kaufhäusern) oder Sicherheitsanwendungen. Ebenfalls wird das Ver-

Bild 1 Abfolge der Erkennungsstufen in dem entwickelten Verfahren zur Menschdetektierung und Bewegungsbestimmung.

fahren aktuell erweitert, so dass es auch zur Identifikation eines Menschen durch die Messung seiner Körpermaße eingesetzt werden kann. Aufbauend darauf ist auch eine Identifikation über persönliche Bewegungsprofile denkbar. Gegenüber aktuellen Verfahren, bei denen zur Identifikation Gesichtsmerkmale aus Farb- oder Grauwertkameras dienen, zeichnen sich diese Methoden dadurch aus, dass Identifikation auch z. B. bei Vermummung möglich wird. Ein Vorteil der beispielsweise bei Überwachungsanwendungen genutzt werden könnte.

Lernfähige Objekterkennung

Für die Ausführung von Handhabungsaufgaben im häuslichen Umfeld muss ein Roboter in der Lage sein, Objekte in 3 D zu detektieren, z. B. um sie zu greifen. Aufgrund der Umgebungs- und Objektvielfalt sind dabei niemals die Modelle aller relevanten Objekte verfügbar. Der Roboter muss diese also in Alltagsumgebungen oder selbstständig »erlernen« können. Dazu wurde in COGNIRON ein Verfahren entwickelt und realisiert (Bild 2), das den Roboter befähigt, neue Objekte vor Ort selbstständig einzulernen. Hier wird die 3-D-Kamera zusammen mit einer konventionellen Farbkamera eingesetzt. Die Kameras sind so kalibriert, dass sich das Farb- und das 3-D-Bild ein gemeinsames Pixelkoordinatensystem teilen. Im Rahmen des Lernvorgangs werden zunächst Bildsequenzen von verschiedenen Objektansichten aufgenommen (Bild 2, oben links). Durch das gemeinsame Pixelkoordinatensystem wird es möglich, Farbansichten eines Objekts aus der Umgebung zu extrahieren (Bild 2, oben rechts). Diese segmentierten Ansichten werden mit einem Merkmalspunktdetektor bearbeitet. Merkmalspunkte haben eine eindeutige 3-D-Position und können unter verschiedenen Blickwinkeln stabil erkannt werden. Ein Merkmalspunkt kann in weniger als 0,1 ms berechnet werden, womit das

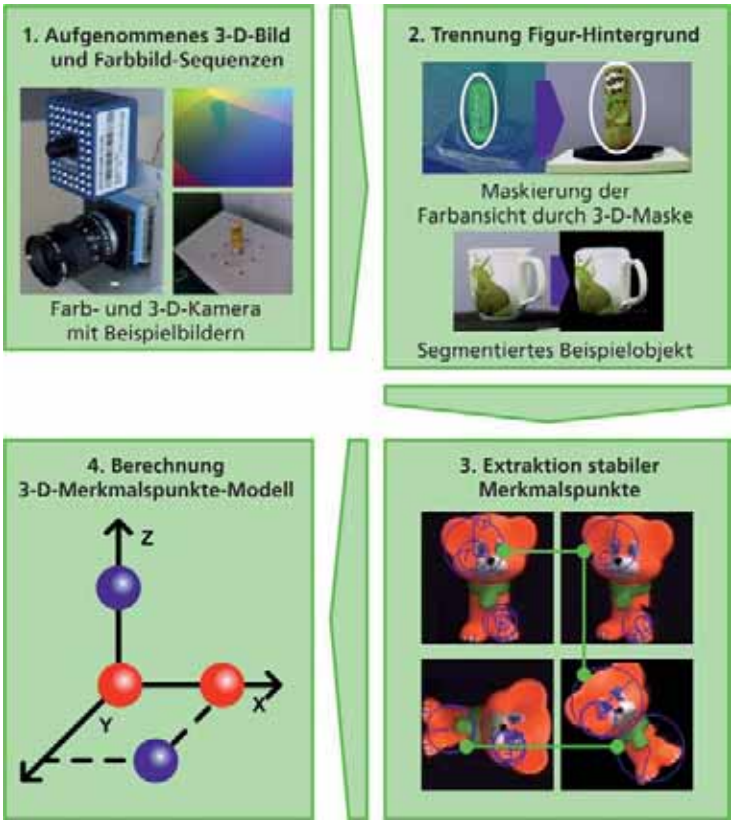


Bild 2 Verfahren zu Generierung von 3-D-Objektmodellen.

realisierte Verfahren bis zu zehnfach schneller als konventionelle Detektoren arbeitet. In Bild 2 (unten rechts) sind ausgewählte Merkmalspunkte eines kleinen Spielzeugobjekts als blaue Ringe mit Richtungszeiger eingezeichnet. Die grünen Verbindungslinien deuten an, dass ähnliche Merkmalspunkte in verschiedenen Ansichten gefunden werden. Basierend auf regionalen Informationen im Merkmalspunktbereich, werden diskrete Kennzahlen durch ein statistisches Lernverfahren (SVM) berechnet. In Bild 2 (unten links) sind diese Kennungen durch die verschiedenfarbigen Kugeln angedeutet. Die resultierenden 3-D-Merkmalspunktewolken der Objektansichten werden schließlich zu einem finalen 3-D-Merkmalspunktemodell zusammengefügt. Das Modell kann anschließend zur Erkennung und genauen Lagebestimmung der Objekte genutzt werden.

Das vorgestellte Verfahren bietet ein hohes Potenzial auch für Anwendungen außerhalb der Servicerobotik. Besonders in Anwendungsbereichen mit hoher Varianz der Objekte zeichnet sich das Verfahren durch seine Lernfähigkeit aus. Jedes Objekt braucht nur einmal gelernt zu werden. Das Lernen selbst kann durch einfaches Vorzeigen des Objekts auch durch ungelerntes Personal durchgeführt werden.

Das Projekt COGNIRON (»The Cognitive Robot Companion« – www.cogniron.org) wird gefördert von der Europäischen Kommission unter der Fördernummer FP6-IST-FET-002020.

Roboter verlegen Türdichtungen in der Automobilindustrie

Ausgangssituation

Türdichtungen tragen wesentlich zum Fahrkomfort bei PKWs bei. Sowohl Windgeräusche als auch das Schließverhalten der Türe werden durch die Gummidichtung beeinflusst. Je nach Auslegung des jeweiligen Fahrzeugtyps werden die Dichtungen an den Türen und/oder am entsprechenden Türausschnitt der Fahrzeugkarosserie (»Body«) angebracht. Bisherige Dichtungen für die Karosserie sind auf die Länge des jeweiligen Türausschnitts vorkonfektioniert und werden mithilfe eines Metallclipbands manuell mit einem Gummihammer oder automatisch per Roboter auf die Fahrzeugflansche geklopft.

Die 3M Deutschland GmbH hat einen Klebstoff entwickelt, mit dem sich Dichtungsprofile selbstklebend an den Türen und am Body, der Fahrzeugkarosserie, aufbringen lassen. Im Folgenden wird ein sensorgeregeltes Roboterwerkzeug zum Verlegen von Türdichtungen vorgestellt, das gemeinsam vom Fraunhofer IPA und der 3M Deutschland GmbH entwickelt wurde.

Anforderungen

Gummidichtungsprofile gehören zu den so genannten »biegeschlaffen Teilen«. Sie sind nicht formstabil und werden durch Zug- oder Druckkräfte in der Regel undefiniert gedehnt bzw. gestaucht. Das Dehnungsverhalten ist neben der Profilgeometrie sehr stark von den bei der Herstellung der Dichtung eingestellten Material- und Prozessparametern und deren Toleranzen abhängig. Zu starke Dehnungen während des Verklebens können jedoch dazu führen, dass bereits nach kurzer Zeit Ablösungen der Gummidichtung von dem Flansch der Karosserie auftreten. Deshalb ist eine der Hauptanforderungen an das Roboterwerkzeug, ein Verkleben der Dichtungsprofile auf geraden Strecken und auch in engen Kurvenradien mit einstellbaren, reproduzierbaren Dehnungen und Stauchungen zu gewährleisten. Um dieses Ziel zu erreichen, muss das Dichtungsprofil spannungsarm zugeführt und mit den ermittelten definierten Prozessparametern verklebt werden. Sowohl Werkzeugkonstruktion als auch die zugehörige Steuerung müssen dementsprechend ausgelegt werden. Neben dieser aus dem eigentlichen Verlegeprozess resultierenden Hauptanforderung muss das Roboterwerkzeug mit wenigen Handgriffen an unterschiedliche Profilgeometrien angepasst werden können und so kompakt sein, dass das Dichtungsprofil auch in engen Kurvenradien, wie sie in PKW-Türöffnungen vorkommen, verlegt werden kann.

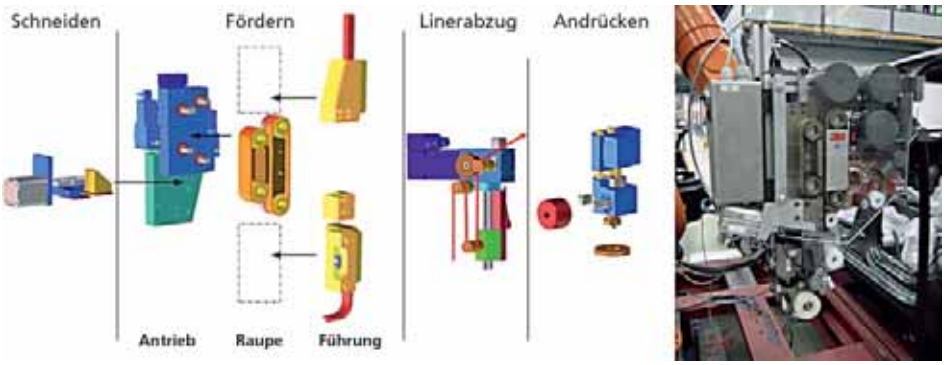


Bild 1 In separaten Modulen entkoppelte Teilfunktionen des Verlegewerkzeugs.

Erzielte Ergebnisse

Ins Werkzeug integrierte Prozessregelung

Der neue am Fraunhofer IPA entwickelte Lösungsansatz beruht darauf, dass die Rollgeschwindigkeit der Andrückrolle als Geschwindigkeitsvorgabe für den Förderantrieb der Profildichtung genutzt wird. Dies bewirkt, dass die Vorgabe, wie schnell die Profildichtung von der Bereitstellungsrolle durch das Werkzeug gefördert wird, direkt an der Prozessstelle erfasst wird. Auf diese Vorgabegeschwindigkeit wird zusätzlich durch eine Tänzerregelung, die die Dehnung des Dichtungsprofils direkt vor der Andrückrolle misst, proportional zur gemessenen Auslenkung ein Geschwindigkeitsoffset addiert. Somit kann ein deh-

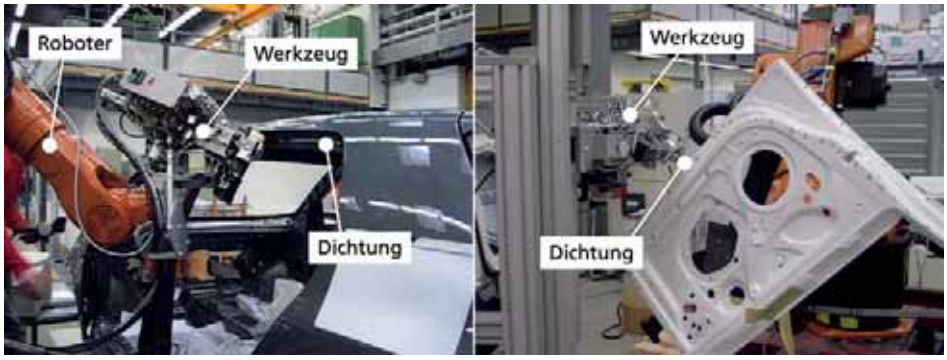


Bild 2 Versuchsaufbau »Body« und »Tür« am Fraunhofer IPA.

nungsarmes, definiertes und reproduziertes Verkleben der Dichtung sichergestellt werden. Diese dezentrale, in die Werkzeugsteuerung integrierte Regelung bewirkt, dass sich die Kommunikation zwischen Verlegewerkzeug und Roboter auf wenige digitale Signale zur Synchronisierung beschränkt. Zusätzlich wird ein überlagertes, geschwindigkeitsunabhängiges Drehmoment auf die Andrückrolle beaufschlagt. Somit ist auch der durch die Andrückkraft erzeugte Walk-Effekt, der eine zusätzliche Dehnung des Dichtungsprofils bewirkt, beeinflussbar. Je nach Größe des beaufschlagten Drehmoments kann die Dehnung der Dichtung auf Null reduziert werden, bzw. sogar eine Stauchung des Profils erzeugt werden. Dieser neue Regelungseffekt führt insbesondere in den engen Radien des Türausschnitts zu besonders guten reproduzierbaren Positionierungen. Design und Beschichtung der Andrückrolle sind dabei wichtige Faktoren.

Systematische Entkopplung von Teilfunktionen

Die Konzeption des Werkzeugs erfolgte auf Basis der Prinzipien des System Engineerings. Dazu wurden Teilsysteme definiert und Lösungsalternativen, basierend auf unterschiedlichen Wirkprinzipien, morphologisch gegenübergestellt. Zur Entkopplung von Teilfunktionen und somit zur Modularisierung des Systems wurde die Axiomatic-Design-Methode genutzt. Die generierten Teilsystemlösungen wurden zu alternativen Gesamtsystemlösungen integriert und auf Grund der vom Kunden vorgegebenen Zielkriterien bewertet. Ergebnis war ein modularer, in Bild 1 dargestellter Lösungsansatz.

Aufbau und Optimierung

Das Werkzeug und die Werkzeugsteuerung wurden am Fraunhofer IPA aufgebaut und Versuchsreihen und Parameterstudien für die Applikationen »Body« (Verlegen an Karosserie) und »Tür« exemplarisch an der Hintertür-Öffnung einer Golf-5-Karosserie sowie der zugehörigen Tür durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen der Versuchsreihen, ist das Werkzeug – wo nötig – sowohl konstruktiv als auch steuerungstechnisch überarbeitet worden. Zusätzlich wurden die Versuchsreihen von 3M und einem Gummilieferanten (GTG) genutzt, um die Dichtungsprofile so zu modifizieren, dass sie prozesssicher automatisiert verlegt werden können.

Fazit

Mithilfe dieses Werkzeugs kann 3M Deutschland zusätzliche Märkte in vorhandenen, aber auch in neuen Geschäftsfeldern sowohl bei alten als auch bei neuen Kunden erschließen. Für die Anwender (z. B. Automobilindustrie) eröffnet die Automatisierung des Verlegeprozesses mit dem entwickelten Verlegewerkzeug erhebliche Rationalisierungspotenziale durch Personaleinsparung und die Einsparung der Vorkonfektionierung der Dichtungsprofile.

Der wirtschaftliche Erfolg eines solchen Werkzeugs hängt wesentlich von der technischen Konzeption ab. Das Fraunhofer IPA entwickelt seit vielen Jahren Greifer und Werkzeuge für Automatisierungslösungen in enger Zusammenarbeit mit der Industrie. Insbesondere bei Anwendungen, die ein über den Stand der Technik hinausgehendes Maß an Flexibilität und Steuerungsintelligenz benötigen, ist das Fraunhofer IPA ein kompetenter Ansprechpartner.

Flexible Montage durch Mensch-Roboter-Kooperation

Neue Roboter für die effiziente und flexible Montage in der Automobil-, Flugzeug- und Haushaltsgeräte-Industrie

Ausgangssituation

In der Montage wird angesichts von vielfältigen Aufgaben und Einzelteilen auch heute noch viel von Hand gearbeitet. Folglich ist die Montage mit hohen Lohnkosten verbunden. Der anhaltende Trend hin zu kleineren Stückzahlen bei gleichzeitig mehr Varianten verschärft die Situation zusätzlich. Außerdem sind in der Montage viele Aufgaben zu bewältigen, die sich bislang mit Robotern nur zu unwirtschaftlichen Kosten realisieren lassen.

Aufbau des PiSA-Projekts

Um sich diesen Herausforderungen zu stellen, hat sich ein Konsortium aus 18 Partnern zusammengeschlossen. Die Akteure in PiSA stammen aus Großkonzernen, kleinen und mittleren Unternehmen und Universitäten sowie Forschungsinstituten. Sie decken dabei drei Branchen ab: Automobilbau, Luftfahrt und Herstellung von Haushaltsgeräten.

Im PiSA-Konsortium arbeiten Forscher mit Systemintegratoren und deren Endkunden zusammen, um die Bedürfnisse der Wirtschaft optimal zu erkennen und innovative praxistaugliche Lösungen zu erarbeiten.

Ziel

Das Hauptziel von PiSA ist, dem Montagearbeiter leistungsfähige Werkzeuge an die Hand zu geben, um ihn im Arbeitsprozess halten zu können. Trotz rasanter Entwicklungen im IT-Bereich und künstlicher Intelligenz bleibt der Mensch mit seinen kognitiven und sensorischen Fähigkeiten einem Roboter weit überlegen. Die vollständige Automatisierung ist daher bei vielen Prozessen extrem aufwändig und lohnt sich nur für große Stückzahlen bei gleichbleibenden Produkten. Dagegen profitieren die in PiSA entwickelten Roboter-Systeme von den überlegenen Fähigkeiten des menschlichen Werkers, die um die Kraft, Genauigkeit und Ausdauer des Roboters ergänzt werden.

PiSA wird in vier Teilprojekten vorangetrieben, die jeweils arbeitsteilig von einem Industriepartner und von einer Forschungseinrichtung geführt werden:

- Kraftunterstützung durch Roboter beim Handhaben schwerer Güter
- Roboter als zeitlich begrenzt auftretende Montageassistenten
- Werkzeuge zur Planung und Integration neuer Montagekonzepte
- Verbesserung der Wiederverwendbarkeit von Robotern und Werkzeugen

Vorläufige Ergebnisse

Im ersten Jahr des Projekts wurden vor allem die von den Endanwendern eingebrachten Anwendungsfälle aufbereitet und auf ihre Machbarkeit hin untersucht. Daraus wurden die Themengebiete abgeleitet, für die am Fraunhofer IPA Prototypen aufgebaut werden.

Sichere Kooperation von Mensch und Roboter
Auf der Basis des am Fraunhofer IPA aufgebauten team@work-Demonstrators wird im Rahmen von PiSA ein Arbeitsplatz für die direkte Kooperation von Mensch und Roboter in der Montage weiterentwickelt. Als Anwendungsfall dient dabei der Zusammenbau von Elektromotoren in einer bislang rein manuell arbeitenden Montagelinie. Für die Realisierung der Anwendung wird an kompakten Layouts für den Arbeitsplatz gearbeitet. Ein besonderer Fokus liegt auf einer zuverlässigen Sicherheitstechnik für die Überwachung der Mensch-Roboter-Kooperation sowie auf der Bereitstellung von flexiblen Planungs- und Programmierwerkzeugen.

Aufgabenorientierte Programmierung von Montagerobotern
Die Programmierung von Robotern ist ein zeitaufwändiger Vorgang, der bislang nur von geschultem Personal durchgeführt werden kann. In Zusammenarbeit mit dem Projekt SMErobot™ wird ein Programmiersystem entwickelt, welches die Programmierung von Robotern

Bild 1 Themenfelder und Anwendungen in PiSA.

anhand weniger einfacher Befehle erlaubt. Dazu wird Expertenwissen über die Arbeitsschritte hinterlegt, welche bei der Montage am häufigsten auftreten. Um einen Roboter dann für eine spezielle Aufgabe zu instruieren, müssen die Befehle nur noch in die richtige Reihenfolge gebracht und mit problemspezifischen Informationen versorgt werden.

Mobiler Montageassistent
Die Mehrzahl der in der Industrie eingesetzten Roboter sind fest an einem Ort installiert und die Produkte werden zu ihnen transportiert. Bei sehr großen Strukturen und sich häufig verändernden Produktionslayouts werden jedoch leichte, kompakte und transportable Roboter benötigt, die sich leicht zu ihrem Einsatzort bringen lassen. Diese mobilen Montageassistenten stellen neue Anforderungen an ihre Programmierung, Einrichtung und Sicherheit, die anhand des rob@work 2 gelöst werden sollen. Dabei handelt es sich um eine autonome mobile Plattform, die einen Leichtbauroboter trägt und die selbstständig zu ihrem Arbeitsplatz gelangen kann.

Bild 2 Direkte Kooperation bei der Montage.

Bild 3 Leichtbauroboter LWA3 und dessen Anwendung als mobiler Montageassistent.

Ausblick

Das integrierte Projekt PiSA wird von der Europäischen Kommission im sechsten Rahmenprogramm gefördert. Das Projekt läuft seit September 2006 und wird bis August 2010 neuartige Lösungen zur flexiblen Montage mit Robotern erarbeiten. Im Versuchsfeld des Fraunhofer IPA werden dabei neue Montagekonzepte aufgebaut und erprobt, um Montageprozesse zukünftig in Europa zu erhalten.

Acknowledgement: This work has been funded by European Commission's Sixth Framework Program under grant no. 026697-2 as part of the Integrated Project PiSA.

Produktions- und Prozessautomatisierung

Schnellere Ausführung, höhere Qualität, mehr Durchsatz durch Automatisierung – innovative Automatisierungslösungen ermöglichen die Optimierung von Abläufen und Prozessen. Die Automatisierung bietet heute nicht nur wirtschaftliche Potenziale für die Produktion, sondern ist auch für andere Anwendungen wie z. B. in Forschungs-, Prüfungs-, Entwicklungslaboren ein relevanter Ansatz zur Qualitäts- und Produktivitätssteigerung. Darüber hinaus dringen Automatisierungslösungen auch im Dienstleistungssektor bis in die kritischsten Bereiche vor, z. B. in den Operationssaal. Neue Konzepte und Technologien für Geräte und Anlagen erlauben heute die Automatisierung von wesentlich mehr Prozessen, die früher aus Kosten-, Flexibilitäts- oder Machbarkeitsüberlegungen als Domäne manueller Tätigkeiten galten.

Die Abteilung Produktions- und Prozessautomatisierung am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA ist spezialisiert auf die methodische Entwicklung von Automatisierungslösungen, beginnend bei der Bewertung der Rationalisierungspotenziale und des Automatisierungsgrads. Mit den drei Fachgruppen der Abteilung für die Mechatronik und Prozesstechnik, Messtechnik und Prüfstandsbau und Vernetzte Systeme können wir unseren Kunden alle notwendigen Kompetenzen für die Entwicklung von Kleinseriengeräten oder Anlagenkomponenten aus einer Hand anbieten. Darüber hinaus ermöglicht eine hervorragende Vernetzung mit Partnern die Erweiterung dieses Spektrums.

Die Abteilung ist spezialisiert auf die Biotechnik- und Pharmaproduktion. Sie verfügt darüber hinaus in den Branchen Biotechnologie/-pharma, Medizintechnik und Lebensmitteltechnik über spezifische Fachkompetenzen für die Handhabung, Prozessierung und Vermessung von sensiblen, polymorphen und polytropen, z. B. biologischen, Materialien. Wir entwickeln in diesen Branchen Automatisierungslösungen für die Produktion, Entwicklungs- und Prüflabore, aber auch medizinische Instrumente für Diagnostik und Intervention sowie Systeme für die Rehabilitation und Pflege.

Für die Durchführung von Aufträgen steht eine ständig erweiterte, großzügige Infrastruktur zur Verfügung, die eine schnelle und professionelle Geräteentwicklung ermöglicht. Besonderheiten sind die betriebsbereiten Systemplattformen für die kostengünstige Vorevaluierung und Entwicklung von risikobehafteten, neuen Prozessen sowie das Labor für die Durchführung von Umweltsimulationen, mit denen die Produkte von zahlreichen Kunden in Dauerversuchen geprüft werden können.

Minibioreaktoren für die Bioprozessentwicklung der Zukunft

Ausgangssituation

Die nachhaltige Gestaltung von Prozessen und Produkten in Industriebereichen wie Chemie, Pharmazie und Ernährung gewinnt durch Einflüsse wie steigende Rohölpreise, Ressourcenverknappung, strengere Umweltgesetzgebungen und wachsenden Verbraucherschutz an Bedeutung. Die Industrie konzentriert sich dabei zunehmend auf die stärkere Einbeziehung biotechnologischer Verfahren und der Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Die so genannte »Weiße Biotechnologie« wird von allen führenden Chemieunternehmen der Welt als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts bezeichnet. Der zur Zeit noch geringe Anteil biotechnologischer Verfahren an der Herstellung von Feinchemikalien, Spezialpolymeren und Pharmazeutika soll mittelfristig auf 10 bis 20 Prozent ansteigen. Die Entwicklung neuer biotechnologischer Verfahren und Prozesse zur Produktion solcher Grund- und Feinchemikalien ist ein zeit- und kostenintensiver Vorgang. Insbesondere das Screening und die Optimierung neuer rohstoffadaptierter Enzyme, Zellstämme und Mikroorganismen benötigt vom Beginn des Entwicklungsprozesses bis zum Start der industriellen Produktion zwischen zwei und fünf Jahren.

Problem- und Aufgabenstellung

Die Biotechnologie ermöglicht die Entwicklung neuer Enzymvarianten für die verschiedensten Anwendungen in immer kürzer werdenden Zeitabständen. Zur schnellen Auswahl geeigneter Varianten wird gleichzeitig eine Effizienzsteigerung bei der Bioprozessentwicklung und Evaluierung notwendig. Beim allgemein üblichen Vorgehen erfolgt die Bioprozessentwicklung in mehreren aufwändigen Schritten: Im ersten Schritt werden die verschiedenen genetischen Elemente charakterisiert sowie eine Primärselektion der besten Produzenten durchgeführt. Nach diesem primären Screening erfolgt eine Optimierung der Prozessbedingungen sowie schließlich die Maßstabsübertragung zum Großprozess. Die Herausforderungen der Bioprozesstechnik liegen in der Beschleunigung dieser zahlreichen Einzelprozesse durch eine Reduzierung der Handhabungs- und einer Parallelisierung der Prozessschritte. Die zentrale technische Komponente für eine solche Reduzierung sind Minibioreaktoren.

Innovative Minibioreaktortechnologie

Im Rahmen eines internen Forschungsprojekts entwickelt das Fraunhofer IPA ein Minibioreaktorsystem, in welchem die Einzelreaktoren in großer Zahl kosteneffizient parallelisiert betrieben werden können. Die zu schaffenden Reaktoren sollen alle Funktionen großer Fermentersysteme im Kleinen abbilden, wodurch bereits frühzeitig eine optimale Anpassung von Parameter wie beispielsweise Temperatur, Substratzufuhr, pH-Wert, Rührgeschwindigkeit usw. durchgeführt werden kann. Der gesamte Prozess für den Betrieb und zur Steuerung der Minibioreaktoren wurde automatisiert und parallelisiert, um einen möglichst hohen Probendurchsatz zu erreichen. Hierbei muss auf die Vorteile großer und teurer Systeme hinsichtlich einer flexiblen Probenentnahme sowie Substratzuführung und Sauerstoffversorgung nicht verzichtet werden. Zentraler Bestandteil des Fluidikkonzepts ist ein am Fraunhofer IPA entwickeltes Multiventil, über welches alle Fluidbewegungen des Zu- und Ablaufs der Reaktoren gesteuert werden. Durch diesen Multiverteiler können die parallel betriebenen Minireaktoren mit diversen Edukten wie beispielsweise Nährlösungen versorgt werden, ohne dass das jeweilige Edukt für jeden Reaktor einzeln bereitgestellt, dosiert und gefördert werden muss. Dies führt zu einer erheblichen Einsparung aktorischer Komponenten. Während des laufenden

Bild 1 Minibioreaktoren.

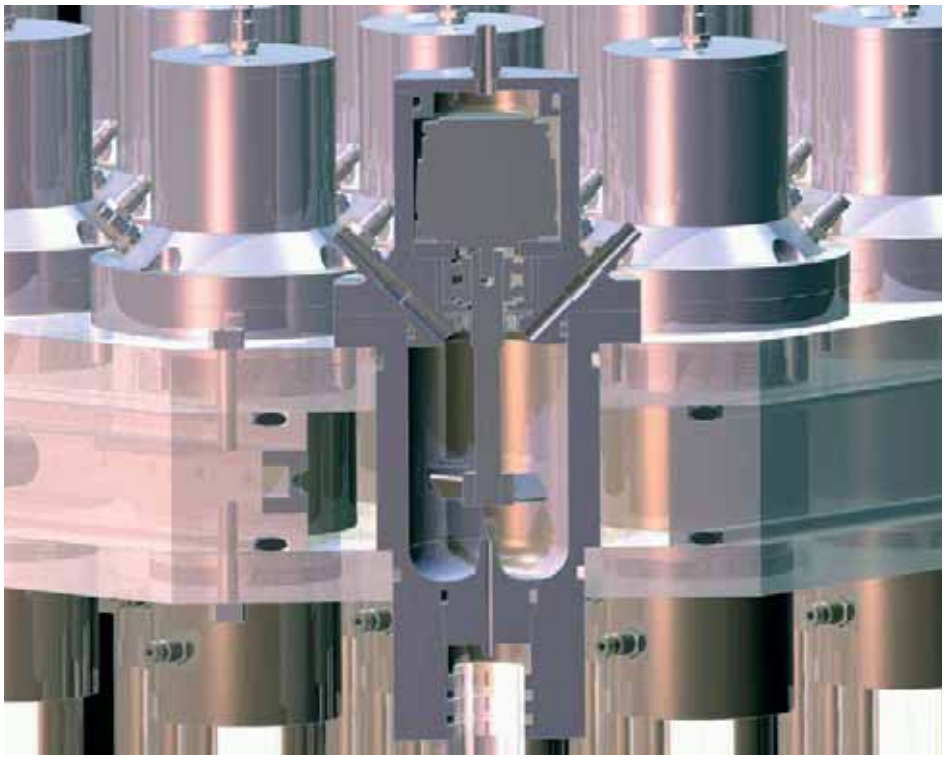


Bild 2 Minibioreaktor im Schnittbild.

Betriebs können den Reaktoren flexibel Proben für weitere Untersuchungen entnommen werden.

Eine Temperierung sowie die Online-regelung verschiedener physikalischer Größen (pH, O_2) ist ebenfalls realisiert. Die Minibioreaktoren lassen sich im Fed-Batch-Betrieb sowohl aerob als auch anaerob betreiben. Alle Teile, die mit der Fermenterbrühe in Berührung kommen, können im Dampfautoklaven sterilisiert werden.

C-Vis – Endoskopisches System zur intraoperativen Tumordetektion

Ausgangssituation

Im Verlauf von chirurgischen Eingriffen können gesundes und tumoröses Gewebe in vielen Fällen nicht visuell oder palpativ unterschieden werden. Eine zuverlässige Untersuchung des Gewebes erfordert Zeiträume, die über die Dauer einer Operation weit hinausgehen. In der Folge wird zu viel gesundes Gewebe entfernt und Ränder von tumorösem Gewebe mit schweren Folgen in Hinblick auf eine Heilung des Patienten übersehen. Die Entwicklung von technischen Verfahren für eine eindeutige Identifizierung, Klassifizierung und Lokalisierung des Tumors während des Eingriffs ist daher naheliegend. Seit einiger Zeit werden neue Verfahren auf dem Gebiet der Computer-assistierten Diagnose (CAD) untersucht, deren Auswertung in den meisten Fällen auf dem Einsatz von optischen und bildgebenden Verfahren beruht, z. B. Ultraschallsystemen, Computertomographen (CT), Magnetresonanztomographen (MRT), Video, spektroskopischen Verfahren etc. Der Nachteil dieser Verfahren liegt in der Handhabung während des Eingriffs oder der Genauigkeit. Ein geeignetes Verfahren zur Online-Tumordiagnostik würde nicht nur die Situation im modernen Operationssaal erheblich verbessern. Eine Lösung dieser Problemstellung stellt in Zukunft die Voraussetzung für alle Ansätze für eine wesentlich präzisere und schnellere Patientenbehandlung durch Automation dar.

Im Rahmen einer Forschungsvereinbarung zwischen der Fraunhofer-Gesellschaft und Johnson & Johnson ergab sich die Möglichkeit, ein alternatives Konzept für die Echtzeit-Tumordiagnostik zu entwickeln. Die speziell für die Anwendung in der Minimal Invasiven Chirurgie (MIC) intraperative Tumordetektion wurde zusammen mit dem Fraunhofer IGB erarbeitet.

Problemstellung und Lösungsansatz

Der Lösungsansatz nutzt die Eigenschaft von Nanopartikeln, die mit einem Fluoreszenzmarker sowie spezifischen Rezeptoren versehen an die veränderte Oberfläche von spezifischen Tumorzellen andocken können. Mittels eines in eine Endoskopspitze integrierten Versprühsystems wird eine Lösung dieser Nanopartikel im Operationsraum vernebelt. Nach kurzer Einwirkzeit und dem Abspülen des Gewebes sind ausschließlich tumoröse Zellen mit Nanopartikeln behaftet. Durch die Anregung der Fluoreszenzmarker beispielsweise mit einer UV-Lichtquelle werden die unterschiedlichen Gewebezustände sichtbar gemacht. Der Chirurg erhält eine Orientierung für eine schonende Entfernung des Tumors und kann zusätzlich die Vollständigkeit der Resektion an den Schnittkanten kontrollieren. Erst die enge Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer IGB und dem Fraunhofer IPA macht eine solche interdisziplinäre Modifikation der Partikel in Kombination mit der Entwicklung eines chirurgischen Instruments möglich. Die Problemstellung liegt in der Auswahl und Modifikation der Partikel in Hinblick auf eine schnelle und haltbare Haftung an den Tumorzellen sowie einer geeigneten Fluoreszenzmarkierung. Das Dosiersystem muss eine vollständige Überdeckung der besprühten Oberflächen mit Partikeln garantieren und zusätzlich für die Integration in ein MIC-Instrument geeignet sein.

Ergebnis

Das Projektergebnis besteht in der Ausführung grundlegender Experimente in Hinblick auf das klinische Einsatzpotenzial des Verfahrens. Zu diesem Zweck werden vor allem die Prozessparameter in einem Versuch-Szenario evaluiert. Als erster Schritt zur Instrumentenentwicklung des C-Vis-Endoskops wurden am Fraunhofer IPA ein kleinbauendes Versprühsystem sowie ein experimenteller Teststand zur Simulation der Operationsbedingungen konzipiert. Im Mittelpunkt steht am Fraunhofer IPA die Untersuchung des Dosiersystems: Die zu versprühende Partikellösung wird mit hohem Druck aus einem Kolbenzylinder in eine Mikrodüse gepresst und zerstäubt. Eine Hochgeschwindigkeitskamera sowie in den Aufbau integrierte Sensoren erlauben die Bestimmung der charakteristischen Parameter des Sprays wie Tröpfchengrößenverteilung, Sprühdruck und Sprühwinkel.

In der nächsten Projektphase werden mit einem künstlichen Präparat die Einwirkzeiten, Haftung und die Sichtbarkeit der Nanopartikel in einem nachgestellten chirurgischen Szenario untersucht.

Vernetzung und Automatisierungstechnik? Die Gruppe »Vernetzte Systeme«

Im Jahr 2006 wurde die Arbeitsgruppe Vernetzte Systeme in der Abteilung Produktions- und Prozessautomatisierung neu gegründet. Auf den ersten Blick scheinen die Themen der Abteilung und der Gruppe nur gering zu überlappen. Tatsächlich liegt der Ursprung der Gruppe in den Branchen Luftfahrt und Automobil, in denen auch heute noch zahlreiche Projekte bearbeitet werden. Tatsächlich ergänzt die Gruppe die Abteilung um eine wesentliche Kompetenz im Umfeld der Automatisierungstechnik.

Von der Kontrolle der Produktionsabläufe bis zur Verbindung der Sensoren mit dem Steuergerät eines einzelnen Geräts stellt die technische und funktionale Verknüpfung dieser Komponenten das Rückgrat technischer Produktionssysteme dar. Zusätzlich erlaubt die Vernetzung Leistungssteigerungen und die Realisierung zusätzlicher Funktionen. Aber die Vernetzung ist auch die häufigste Ausfalls- und Stillstandsursache. Im Automobil beispielsweise gehen 59 Prozent aller Pannen auf Fehler im Elektriksystem zurück. Im Maschinen- und Anlagenbereich liegen keine Zahlen vor. Es wird jedoch erwartet, dass mit zunehmender Komplexität und Integration von Anlagen in komplexe Produktionssysteme ein ungeeignetes Netzwerk in Zukunft auch hier zur Ausfallursache Nr. 1 wird.

Moderne Netzwerke sind eine Kombination aus Architektur, Übertragungstechnik und Software. Aufgrund der Funktions- und Anforderungsvielfalt sowie vielfältigen Wechselwirkungen sind für die Entwicklung von Vernetzungslösungen in der Automatisierungstechnik heute hochqualifizierte Mitarbeiter und praktische Erfahrung erforderlich. Leistungsfähigere Anlagen machen zudem neue, innovative und durchgängige Vernetzungskonzepte notwendig. Die Arbeitsgruppe Vernetzte Systeme des Fraunhofer IPA unterstützt Unternehmen bei der Entwicklung und Implementierung von Vernetzungslösungen ihrer Anlagen und Geräte. In Forschungs- und Entwicklungsprojekten werden zukünftige Systemvernetzungen entworfen und realisiert. Im Folgenden sind zwei aktuelle Fragestellungen auf dem Arbeitsgebiet der Vernetzten Systeme näher beschrieben.

Entwicklung von innovativen Architekturkonzepten

Maschinen und Anlagen bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten mit unterschiedlichen elektrischen und elektronischen Schnittstellen. Die Anforderungen dieser Einzelkomponenten, bezogen auf das zeitliche Verhalten, die Versorgungssicherheit usw. sind oft sehr verschieden. Diese Heterogenität erfordert einen hohen Aufwand des Engineerings bei der Integration und Vernetzung des Gesamtsystems. Eine Einbeziehung der zentralen/dezentralen Steuerungstechnik kompliziert die Aufgabenstellung zusätzlich.

Derzeit entwickelt das Team des Fraunhofer IPA daher modulare, skalierbare Konzepte, die den Aufbau flexibler Architekturkonzepte aus einem Baukastensystem ermöglichen. Eine wesentliche Eigenschaft dieses Konzepts ist die Einführung eines Standard-Backbones mit Knoten, an denen beliebige unterschiedliche Komponenten mit unterschiedlichen Schnittstellen angeschlossen werden können. Alle Knoten sind miteinander auf die gleiche Weise physikalisch verbunden. Die Funktionen des Netzwerks, z. B. Übertragungsstrecken, Priorisierungen etc., werden nach einem kompilierbaren Netzplan von den Knoten automatisch gesteuert. Damit verliert die Vernetzung den Charakter einer sekundären Systemkomponente. Der Vorteil eines solchen Konzepts sind u. a. eine wesentlich höhere Redundanz und Flexibiliät in Hinblick auf Systemmodifikationen bei reduziertem Aufwand für die Montage und einfacherer Wartbarkeit.

Innovative Übertragungslösungen zur Reduktion des Verdrahtungsaufwands

Um den Aufwand bei der Realisierung einer Systemverdrahtung zu reduzieren, werden derzeit unterschiedliche Lösungsansätze auf ihren Einsatz in der Automatisierungstechnik untersucht, z. B. Realisierung von neuen Powerline-Communication-Konzepten, Nutzung von vorhandenen mechanischen Strukturen für die Datenübertragung, Einbindung von Wireless-Technologien zur Reduktion des Verdrahtungsaufwands seien hier als Beispiele genannt. Die Anwendung dieser Technologien ermöglicht die Reduktion von Verdrahtungsaufwand bzw. die Steigerung der Flexibilität in einer ganzen Reihe von Anwendungsfällen. So z. B.:

- Reduktion des Aufwands durch die Auslagerung von unkritischen Signalen auf nicht-drahtgebundene Lösungen
- Realisierung von einfachen Diagnose- und Serviceschnittstellen ohne zusätzlichen Verdrahtungsaufwand bzw. Nutzung der vorhandenen Infrastruktur
- (Nachträgliche) Schaffung von Redundanzen bzw. Übertragungskapazitäten

Sensor zur Messung der Wasseraktivität

Ausgangssituation und Motivation

Der Wunsch nach höherer Qualität, niedrigeren Kosten und besserer Hygiene führt zu einer zunehmenden Automatisierung in der Lebensmittelindustrie. Dem stehen technische Hindernisse vor allem im Bereich der Handhabungstechnik und der Sensortechnik im Weg. Während für einige Prozessgrößen wie Temperatur, pH-Wert, Fremdkörperdetektion oder Farbe bereits eine ganze Reihe von Sensorprodukten existiert, sind viele besonders für die Lebensmitteltechnik interessante Messgrößen wie Gesamtkeimzahl, Wasseraktivität oder Kerntemperatur derzeit nicht inline messbar.

Eine für die Lebensmitteltechnologie besonders wichtige Größe ist die Wasseraktivität, da diese einen Schlüsselparameter für Stoffwechsel und Vermehrung von Mikroorganismen darstellt. Die Wasseraktivität darf hierbei keinesfalls mit dem Wassergehalt verwechselt werden, sondern stellt stattdessen ein Maß für den Gehalt an ungebundenem freiem Wasser dar. Zwischen Wassergehalt und Wasseraktivität existiert allerdings ein produktspezifischer und temperaturabhängiger Zusammenhang. Dies erklärt z. B., warum Lebensmittel durch Pökeln haltbar gemacht werden können: Das Salz bindet vorhandenes freies Wasser, welches für das Wachstum und den Stoffwechsel von Mikroorganismen nicht mehr zur Verfügung steht. Das zusätzliche Salz senkt so die Wasseraktivität des Produkts.

Problem- und Aufgabenstellung

Die Wasseraktivität ist also eine wichtige Größe zur Beurteilung der Haltbarkeit von Lebensmitteln und das Einhalten bestimmter Wasseraktivitäten ist deshalb häufig ein Freigabekriterium für einzelne Produktchargen. Trotz der enormen Relevanz für die Lebensmitteltechnik war es jedoch bisher nicht möglich, die Wasseraktivität inline, also direkt im Produktionsprozess zu bestimmen. Häufig auftretende Probleme sind z. B.

- Temperaturkompensation
- Messdauer
- Wartungsintervalle und Kalibrierung
- Messbereich und Kondensation
- Reinigbarkeit und hygienische Produktgestaltung
- Verschmutzung bei Kontakt mit Produkt
- Baugröße und Integrationsgrad

Realisierung

Am Fraunhofer IPA wurde ein inlinetaugliches Messgerät zur Bestimmung der Wasseraktivität direkt im Prozess und ohne Probennahme entwickelt. Dieses beruht auf einem kapazitiven Sensor, der eine einfache und robuste Messung der Wasseraktivität erlaubt. Eine wasserdampfdurchlässige Schutzkappe schützt dabei den Sensor vor direktem Kontakt mit dem Lebensmittel oder Reinigungsmedien und erlaubt es somit, den Sensor direkt z. B. in Rohrleitungen zu applizieren.

Bild 1 Realisiertes Funktionsmuster.

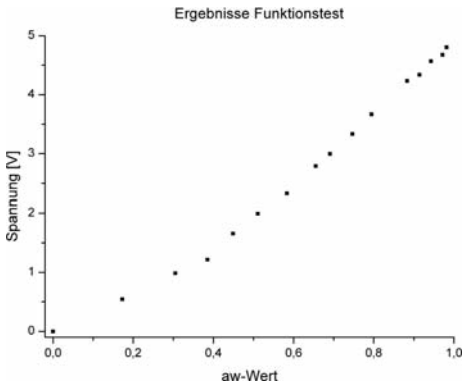


Bild 2 Kalibrierkurve aus Funktionstest.

Die gesamte Elektronik ist vollständig im Sensoranschlusskopf integriert, sodass keine aufwändigen externen Komponenten notwendig sind. Der Betrieb im industriellen Umfeld, z. B. mit einer SPS, ist problemlos möglich. Das Messgerät zeigt über einen weiten Messbereich ein lineares Ausgangssignal (s. Bild 2). Zusätzlich ist durch eine integrierte Zweipunktkalibrierung eine Anpassung an den jeweils relevanten Messbereich möglich.

Neben der ausschließlichen Verwendung lebensmitteltauglicher Materialien und der Beachtung gängiger Normen wurde besonderer Wert auf die hygienegerechte Produktgestaltung (Hygienic Design) gelegt. So wurden Hinterschnitte und Spalten konsequent vermieden, um eine zuverlässige Reinigung des Sensors zu gewährleisten.

Reinst- und Mikroproduktion

Die Reinst- und Mikroproduktion wird immer wichtiger: Prozesse bzw. Produkte können oft nur realisierbar werden, wenn die Reinheit der Produktionsbedingungen verbessert oder die Miniaturisierung vorangetrieben wird (Mikroelektronik, Kfz-Zulieferindustrie), wenn Gesetzgeber die Reinheits- und Sterilbedingungen verschärfen (Pharma, Gentechnik, Medizintechnik, Lebensmitteltechnik etc.) und wenn sich die Qualitätsanforderungen der Kunden bzw. der Endverbraucher erhöhen (Beschichtung bzw. Lackierung von Brillengläsern oder Luxusautos, Herstellung reinheitsgerechter Produktionsmaschinen etc.).

Unternehmen entwickeln, angetrieben durch stetige Innovationen, fortlaufend neue Produkte. Sie integrieren dabei immer mehr Komponenten aus der Elektronik, Mikrotechnik, Mechatronik, Sensorik und Nanotechnik. Mit diesen neuen Produkten und Anwendungen werden wir im Auto, im Haushalt oder am Arbeitsplatz überrascht. Tausende neuer Produktideen oder -verbesserungen warten in den Forschungslabors und bei den Firmen auf ihre Umsetzung. Oft ist dafür eine Veränderung der Produktion oder sogar die Entwicklung neuer Produktionstechniken notwendig.

In mehr als 20 Jahren ist es uns gelungen, ein Alleinstellungsmerkmal in Europa herauszuarbeiten. Unsere Forschungs- und Entwicklungsdienstleistung deckt Themen ab wie Produktionsplanung, Produktionsoptimierung, Reinheitstechnik, Reinigungstechnik, Messtechnik, Mikromontage, Anlagenentwicklung, Produktions-IT und Logistik. Unsere Aufträge aus der Industrie zeigen einen deutlichen Trend. In den letzten Jahren wurde verstärkt die Unterstützung beim Aufbau von Produktionslinien für neue mikrotechnische Produkte angefragt, insbesondere bei der Umsetzung mikrotechnischer Prototypen in die Serienfertigung. Unsere Fachleute kooperieren u. a. bei Fragestellungen wie Technologieauswahl, verfügbare Anlagentechnik, notwendiger Automatisierungsgrad, Umsetzung notwendiger Reinheits- und Qualitätsanforderungen sowie Fragen der Durchsatzoptimierung mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie.

Dosieren viskoser Medien im Minimalmengenbereich (µl – nl – pl)

Ausgangssituation

Das Dosieren und Auftragen kleinster Flüssigkeitsmengen gewinnt branchenübergreifend immer größere Bedeutung. Angefangen bei der Mikrosystemtechnik über den Life-Science-Bereich bis in die Solartechnik – verbunden mit dem Trend zu hochintegrierten und stark miniaturisierten Produkten ist immer häufiger die hochpräzise Bereitstellung und Verarbeitung eines viskosen Mediums für den Erhalt der gewünschten Funktionalität erforderlich. Die Mikrodispenstechnik kann beispielsweise bei folgenden Anwendungen eingesetzt werden:

- Definiertes Auftragen eines Klebstoffs zur Herstellung einer Bauteilverbindung
- Hochpräzises Vergießen von miniaturisierten Baugruppen zum Schutz von empfindlichen Bauteilen
- Bedarfsabhängiges Schmieren von Lagern
- Dosierung eines definierten Volumens eines Funktionsstoffs, z. B. für die Analyse (Bild 1)

Bild 2 Dosierer mit integriertem Magnetventil.

Aufgaben und Ziele

Während im Makrobereich die dosierte Menge und die erzielte Auftragsform eher eine untergeordnete Rolle spielen, fordert u. a. die Feinwerk- und Mikrotechnik neben der Dosierung einer vorgegebenen Menge zusätzlich eine örtliche Begrenzung und die Einhaltung einer geometrisch definierten Struktur. Erforderlich sind Mengen bis in den Pikoliterbereich hinab und ein Auftragen diskret als Punkt oder kontinuierlich als Linie in Strukturbreiten kleiner 150 µm. Die gleichzeitig mit der angestrebten Miniaturisierung steigende Empfindlichkeit des Dispensprozesses gegenüber äußeren Einflüssen wie z. B. Systemerwärmung stellt höchste Anforderungen an die Mikrodispenstechnik. Gefordert sind industriell einsetzbare Systemlösungen, die über eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit verfügen.

Das Fraunhofer IPA ist für die Industrie im Zusammenhang mit dem hochpräzisen Dispensen kleinster Volumina in der Produktion seit mehreren Jahren ein bewährter Ansprechpartner. Ziel ist es, ausgehend von am Markt verfügbaren Dispenssystemen oder durch die Entwicklung eigener Systeme, dem Kunden angepasste Verfahrens- und systemtechnische Lösungen anzubieten. Im weiteren Verlauf ist ein Auszug aktueller Entwicklungen und Systemansätzen, die als Grundlage der Erarbeitung einer kundenspezifischen Gesamtlösung dienen, beschrieben.

Bild 1 Linien- und Punktauftrag durch Mikrodispensen.

Ergebnisse

Integrierbares magnetisches Dosierventil

Die aktuellste Entwicklung ist ein neuartiges Dosierventil, das sich besonders

durch den einfachen Aufbau, die hohe Leistungsfähigkeit und ein gutes Dynamikverhalten auszeichnet (Bild 2).

Das im Normalzustand geschlossene Ventil bedarf keiner zusätzlichen elektrischen Ansteuerung, wie es bei konventionellen Ventilen meist üblich ist. Zum Schalten genügt lediglich eine Erhöhung des anliegenden Förderdrucks über den durch die Magneten eingestellten Schwellwert. Ein jeweils vor dem Dosiervorgang erforderlicher kompletter Druckaufbau entfällt damit. Mit dem gewählten Ansatz lässt sich ein kostengünstiges Mikrodispenssystem für ein breites Spektrum an Medien realisieren, das flexibel für einen punkt- oder linienförmigen Auftrag einsetzbar ist. Denkbar ist auch eine Ausführung als Einweg-System. Der Aufbau und die Art der Betätigung machen das System besonders für den hochdynamischen Einsatz in der Serienfertigung interessant. Die Auslegung der pneumatischen Ansteuerung mit einem Bypass ermöglicht die Realisierung eines Dispenssystems, das selbstständig ohne externes Steuersignal bei einem definierten Abstand zum Substrat schaltet.

»EUPASS« – Mikrodispensmodul

EUPASS
Evolvable Ultra-Precision Assembly SystemS

Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts EUPASS (Evolvable Ultra-Precision Assembly SystemS) soll eine modulare Plattform für die Fertigung und Montage von Hochpräzisionsprodukten geschaffen werden. Ziel ist die Entwicklung einer schnell konfigurierbaren und flexiblen Anlage, die den steigenden Anforderungen an die Mikromontage, abgeleitet aus der zunehmenden Komplexität der Produkte und den meist kleinen und mittleren Stückzahlen bei gleichzeitig hoher Produktvarianz, genügen kann. Ein wichtiges Modul der zukünftigen Montageplattform stellt das Dispenssystem zum hochpräzisen Applizieren des für die Bauteilverbindung erforderlichen Klebstoffs dar. Als Grundlage für die Entwicklung des Dispensmoduls dient das am Fraunhofer IPA entwickelte Mikrodosiersystem mit integrierter Überwachungssensorik.

Das EUPASS-Dispensmodul wird eng vernetzt mit unterschiedlichen Greif- und Handhabungssystemen betrieben (Bild 3). So ist es mit der gewählten Überkopf-Anordnung des Dispensers in der Anlage möglich, direkt von unten auf das am Greifer hängende Bauteil zu applizieren. Durch die Integration einer Lasersensorik gelang es, angepasst der Oberflächenkontur individueller Werkstücke kleinste Klebstoffstrukturen auf unterschiedliche Substratmaterialien und -formen zuverlässig und hochpräzise aufzubringen. Die erforderliche Referenzierung auf unterschiedliche Nadel- und Greifertypen erfolgt automatisch. Ein für die Qualität des Auftrags entscheidender Faktor ist der Druckverlauf in der Kartusche während des Prozesses. Durch die Auslegung des Systems und der entwickelten Ansteuerung ist es möglich, diesen rezeptspezifisch anzupassen und einzustellen.

Ausblick

Ausgehend von den beschriebenen Systemansätzen und Entwicklungen, unterstützt das Fraunhofer IPA die Industrie bei fertigungsrelevanten Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Mikrodosieren und -dispensen. Im Fokus steht dabei die Entwicklung kundenspezifischer verfahrens- und systemtechnischer Lösungen für das hochpräzise und zuverlässige Applizieren nieder- bis hochviskoser Medien unter industriellen Einsatzbedingungen. Neben der Betrachtung des Dispensprozesses sollen bei Bedarf auch qualitätsrelevante angrenzende Prozessschritte wie z. B. die Oberflächenvorbehandlung und das Handhaben von Bauteilen und Medien sowie Maßnahmen zur Qualitätssicherung in die Projektbearbeitung einbezogen werden.

Bild 3 Dispensmodul mit dem Greifsystem in Kooperation.

Qualifizierung – Zertifizierung von Anlagen, Geräten und Betriebsmitteln

Fraunhofer TESTED® DEVICE
IPA
Manz robot KR180
Cleanroom Edition
Report No. MA 0404-303

Ausgangssituation

Bei immer mehr Produkten ist eine Fertigung unter höchsten Reinheitsbedingungen notwendig. Bereits geringste Verunreinigungen im Fertigungsprozess führen zu erheblichen Störungen und Verlusten, so dass sich der Bedarf an reinraumtauglichen Anlagen, Geräten, Werkstoffen und Produktionsmitteln fortlaufend erhöht.

Der Bedarf hat insbesondere in folgenden Branchen zugenommen:

- Halbleiterfertigung
- Mikrosystemfertigung
- Medizintechnik
- Pharmazie
- Lebensmitteltechnik
- Feinwerktechnik
- Optik
- Automobilindustrie

Bild 1 Qualifizierung eines Rollenförderers im Referenzreinraum ISO Klasse 1.

Aufgaben und Ziele

Reinheitsqualität und Kontaminationen
Vor diesem Hintergrund verlangt der Markt zunehmend die praktikable quantitative Beschreibung und Spezifizierung der Reinheitsmerkmale von allen in reinen Bereichen eingesetzten Komponenten als wesentliches technisches Leistungsmerkmal. Hierfür bedarf es einer objektiven Begutachtung – einer Qualifizierung bzw. Prüfung.

Zu den potenziellen Kontaminationsquellen und somit Prüfobjekten gehören:

- Automatisierungseinrichtungen
- Fertigungs- und Prozessgeräte
- Mess- und Prüfmittel
- Transportsysteme
- Einrichtungen
- Verbrauchsgüter
- Reinraumbekleidung
- Lagermittel
- Ver- und Entsorgungskomponenten (Medien, Halbzeuge etc.)

Weiterhin setzen behördlich oder kundenseitig geforderte QM-Regularien (z. B. ISO 9000 ff., GMP) eine umfassende und durchgängige Qualifizierung des Fertigungsprozesses von der Planung bis zum Warenausgang voraus.

Bild 2 Untersuchung eines Roboters auf partikuläre Kontamination.

Qualifizierungsverfahren und -standards
Die Basis der Qualifizierung von Betriebsmitteln, Werkstoffen und Fertigungsumgebungen sind die reinheitsrelevanten Anforderungen und die daraus resultierenden Spezifikationen für das zu fertigende Produkt. Hierbei können unterschiedlichste Kontaminationsarten einen nachteiligen Einfluss haben:

- Partikel
- Ausgasungen
- ESD-Eigenschaften
- Keime, Bakterien
- Elektromagnetische Felder
- Molekulare Kontaminationen
- Schwingungen etc.

Grundvoraussetzung für die Vergleichbarkeit der Klassifizierungsergebnisse ist die definierte und einheitliche Vorgehensweise der Reinheitsuntersuchungen und methodisch abgesicherte Prüfprozeduren.

Die Qualifizierung wird vom Fraunhofer IPA entsprechend national und interna-

Bild 3 Klassifizierungsuntersuchungen von Energieketten und Kabeln.

tional anerkannter Standards und Richtlinien durchgeführt:

- ISO 14644-1 (US Fed. Standard 209E) bis ISO 14644-8
- IES-RP (Institute of Environmental Sciences – Recommended Practices)
- ASTM (American Society for Testing and Materials)

Bild 4 Fraunhofer IPA Qualifizierungsurkunde.

- US Military Standard 1246
- VDI-Richtlinien
- DIN- und ISO-Standards
- SEMI/SEMATECH Standards
- EG GMP

Bei Qualifizierungsaufgaben, für die keine Standards bzw. Vorgehensweisen vorliegen, entwickelt das Fraunhofer IPA anhand seiner langjährigen Erfahrungen und Kenntnisse methodisch abgesicherte Prüfprozeduren. Das Institut verfügt über ein breitgefächertes Wissen zur Umsetzung reinheitstechnischer Konzepte in allen Fertigungsbereichen.

Dokumentation

Die Ergebnisse der Qualifizierung bzw. Zertifizierung werden durch Prüfsiegel, Urkunden, Zertifikate, Bescheinigungen sowie ausführliche Prüfberichte zur Verfügung gestellt.

Referenzen (Auszug)

3M Deutschland
A2 Italia S.r.l. (Italien)
Armstrong Metalldecken AG
B.E.S.T. GmbH
Carl Zeiss AG
CP SYSTEM CO., LTD (Korea)
Cuno GmbH
Dauphin GmbH
Deutsche Star GmbH
DRUVA GmbH
Dyden Corporation (Japan)
EKD Gelenkrohr GmbH
FANUC Robotics Europe S.A.
Festo AG
Fluid Systems Partners
GEMÜ GmbH & Co. KG
Glamox ASA (UK)
Grenzebach Maschinenbau GmbH
Hoechst AG
igus GmbH
INA-Schaeffler KG
Infineon Technologies AG
Interstuhl GmbH
Jenoptik Microfab GmbH
Koduct Co. Ltd. (Japan)
KUKA Roboter GmbH
Leoni Kabel GmbH
LS Cable Ltd. (Korea)
Meissner & Wurst GmbH & Co. KG
Mercedes Benz AG
Merck KgaA
MOTOMAN robotec GmbH
Philips GmbH
Philips Medizin Systeme GmbH
Riedel de Haen AG
Robert Bosch GmbH
Schering AG
Schunk GmbH & Co. KG
Siemens AG GmbH
Siemens Medical Solutions
Sika Deutschland GmbH
Simona AG
SMST GmbH
Sulzer Electronics AG (Schweiz)
THORN Lighting Silver Screens (UK)
VAT Vakuumventile AG (Schweiz)
Viessmann Kältetechnik AG
Vistec GmbH (ehem. Leica)
Wacker Siltronic GmbH
Zumtobel Licht GmbH (Schweiz)

Abstimmung und Verhandlung bei der Enterprise Application Integration (EAI) in der Hightech-Produktion

Ausgangssituation

Um die Interoperabilität zwischen Systemen in der Hightech-Produktion zu erhöhen, wird eine föderierte Integrationstechnik mit dem Universal-Business Language-Standard (UBL) benutzt, um Benutzer im Business-to-Business-Prozess zu unterstützen. Die Herausforderung liegt hierbei in der Verhandlung, Adaption und Abstimmung von technologischen, organisatorischen und kulturellen Unterschieden zwischen Geschäftspartnern. Im Folgenden wird eine Interoperabilitätslösung mithilfe des OASIS-/UBL-Standards zum standardisierten Geschäftsprozess Management mit Modellen, Sprachen und Service vorgeschlagen, die Geschäftsprozesse unterstützt.

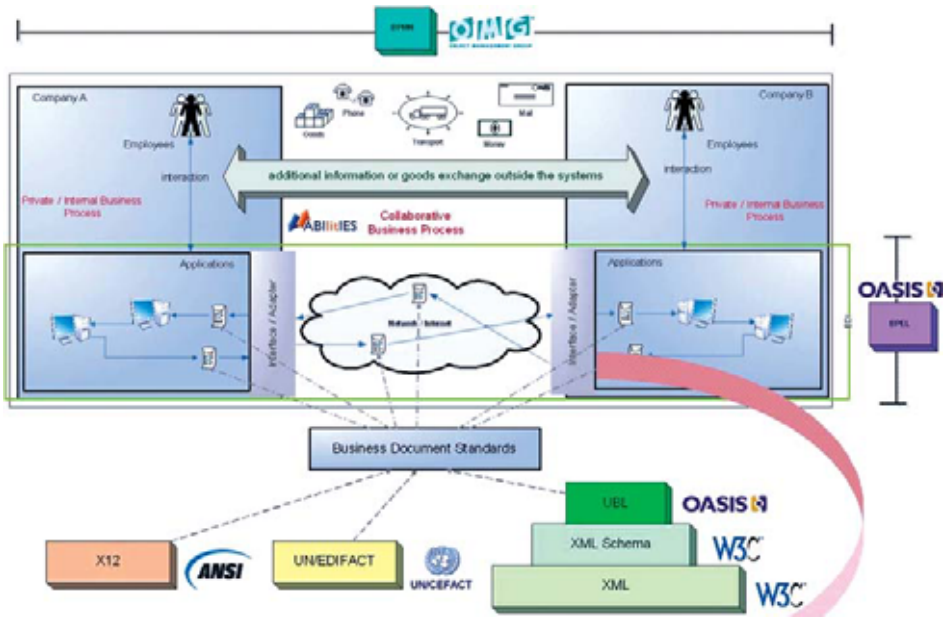


Bild 1 Entwicklung von Dokumentenstandards im E-Business.

Aufgaben und Ziele

Das EU-geförderte Forschungsprojekt »Application Bus for InteroperabiLITy In enlarged Europe SMEs (ABILITIES)« beschäftigt sich mit der Integration von kmU und deren Geschäftsanwendungen in Bezug auf E-Business bzw. einer komplexen E-Business-Plattform.

Aus technischer Sicht ist das Kernstück von ABILITIES ein Enterprise-Service-Bus-System (ESB), das Anwendungen miteinander verbindet und intelligente UBL-beinhaltende Nachrichten handhabt, verarbeitet und lenkt. UBL-Dokumente sind Dokumente im XML-Format, die standardisierte, jedoch erweiterbare Geschäftsdokumente darstellen. In ihrer Gesamtheit ist es den UBL-Dokumenten möglich, einen kompletten Order-to-Invoice-Prozess, also eine Geschäftsabwicklung, angefangen von der Bestellung bis hin zur Bezahlung, abzudecken. Mithilfe von Applikationen bzw. Services, die innerhalb und außerhalb des Bus-Systems anzusiedeln sind und die sog. grundlegenden Interoperabilitätsdienste bereitstellen, wird UBL so aufbereitet, angepasst und unterstützt, dass es für den tatsächlichen Einsatz bereit ist. Die Integration der Geschäftsanwendungen der kmU sieht vor, neu zu entwickelnde und bestehende Applikationen an das UBL-nachrichtenbasierende Bus-System anzuschließen. Die so integrierten Applikationen sollen über das Bus-System und ein Online-Portal miteinander kommunizieren. Es soll damit ermöglicht werden, die gesamten Geschäftsprozesse IT-unterstützt, auf Basis von UBL abzuwickeln.

Projektbeschreibung

In ABILITIES basiert der Austausch von Geschäftsdokumenten (Bestellung, Rechnung usw.) auf UBL 2.0. Es zeichnet sich ab, dass UBL oder seine Nachfolger in Zukunft der wichtigste Standard für den Austausch von E-Business-Dokumenten wird. Indikatoren dafür sind:

- UN/CEFACT akzeptierte UBL 2.0 im April 2006 als »erste Generation von XML-Dokumenten für E-Business«
- Erfolgreiche Implementierungen, die UBL benutzen, werden bereits verwendet, z. B. die dänische elektronische Rechnungsstellung

Die besonderen Merkmale von UBL sind:

- Einfachheit – UBL stellt die wichtigsten Dokumente für 80 Prozent der Geschäftsfälle bereit und ist dennoch handlich
- Flexibilität – UBL ist generisch und liefert die Möglichkeit, Dokumente zu erstellen, zu erweitern und einzuschränken
- Basierend auf der neusten Technik, ist UBL »up to date« durch die Benutzung von XML und der Implementierung der Core Components Technical Specification (CCTS) von ebXML

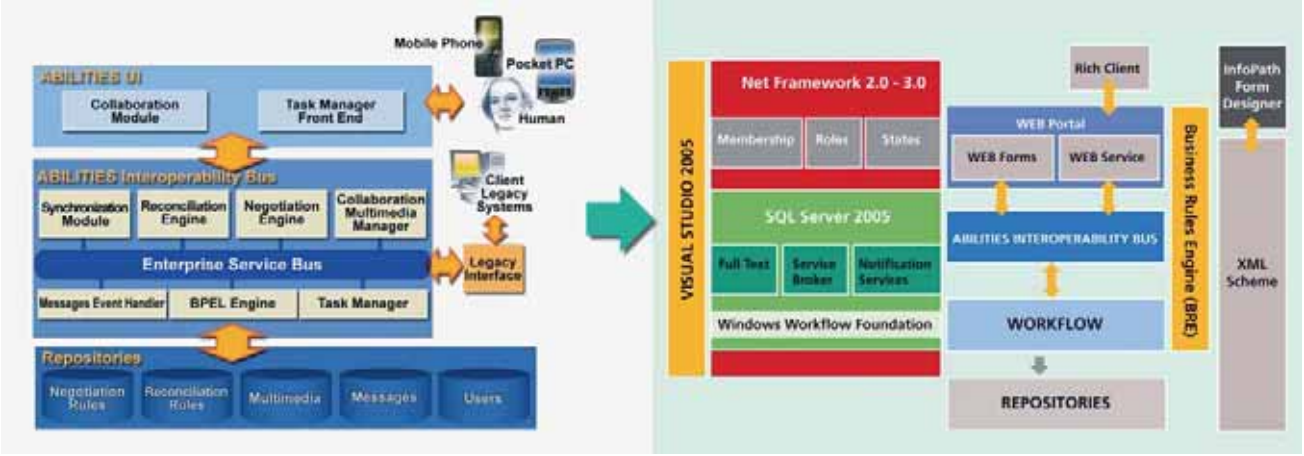


Bild 2 Föderierte OASIS-/UBL-basierte Interoperabilitäts-Architektur von ABILITIES.

Die Komponenten innerhalb der ABILITIES-Architektur bestehen aus dem User Interface, dem Interoperability Bus, den Repositories, dem Legacy Interface und den Geschäftsprozess-Management-Anwendungen. Durch ein Web-Portal können Anwender auf alle Funktionalitäten des Systems zugreifen und über Webservices interagieren. Der Interoperability Bus besteht aus einer Abstimmungskomponente (Reconciliation Engine), einer Verhandlungskomponente (Negotiation Engine), einer Kollaborations- und Multimedia-Managerkomponente sowie einer BPEL-Komponente und einem Task Manager.

Ergebnis

Der Interoperability Bus ist als Software-Prototyp verfügbar und wird innerhalb ABILITIES in fünf verschiedenen Ländern bei mehr als 50 kmU eingesetzt.

Selbstmontage von Kleinst-Chips mit Flüssigkeiten

Ausgangssituation

Aktuelle Roadmaps sagen voraus, dass Halbleiterchips in den nächsten 10 bis 15 Jahren eine weitere drastische Miniaturisierung erfahren werden. Dies liegt im Wesentlichen am Druck zur Kosteneinsparung beim Halbleitermaterial, aber auch im allgemeinen Trend der weiteren Miniaturisierung von Produkten. Um den steigenden Anforderungen gerecht werden zu können, bedarf es neuer Wege in der Montage- und Integrationstechnik.

Aufgaben und Ziele

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts »FluidAssem« sollen innovative Verfahren entwickelt werden, mit denen die automatisierte Montage von zukünftigen immer kleiner und dünner werdenden Halbleiterchips zuverlässig und kostengünstig durchgeführt werden kann. Durch die Methoden der Selbstorganisation der Bauelemente (Self-Assembly) soll die Abfolge Chip-Entnahme, Positionierung, Justierung, Fixieren und Kontaktieren wesentlich vereinfacht werden. Entsprechend sieht die Vision des Projekts aus: Künftig sollen Kleinst-Chips (Kantenlänge < 500 µm, Substratdicke < 50 µm) berührungslos mit Flüssigkeit gehandhabt werden können, genauso wie die Positionierung und Ausrichtung durch so genanntes Self-Assembly erfolgt.

Projektergebnisse

Gemeinsam mit dem Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart wurden bisher folgende Ergebnisse erzielt:

- Erzeugung eines definierten, örtlich begrenzten Oberflächenzustands durch atmosphärisches Plasma
- Analyse des Verhaltens eines aufgebrachten Flüssigkeitstropfens im Übergangsbereich einer hydrophoben und -philen Oberflächenstruktur

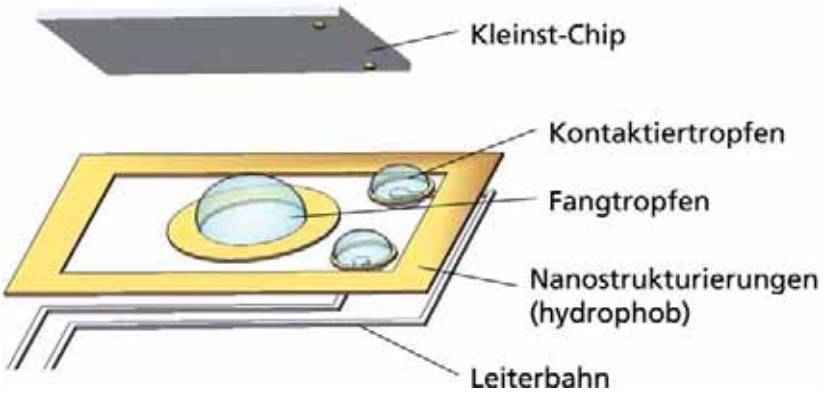


Bild 1 Selbstorganisierte Justage von Kleinst-Chips durch Nano- und Mikrostrukturierung.

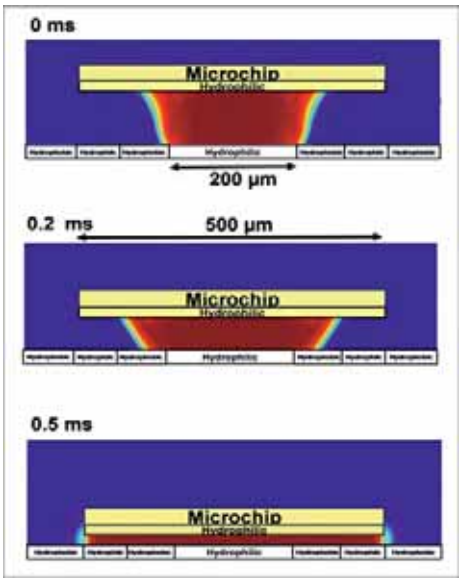


Bild 2 Simulation der Justage des Chips.

- Sortieren, Handhaben und Dispensieren einzelner Kleinst-Chips in Flüssigkeit
- Selbstorganisiertes Positionieren eines Chips auf einem Substrat mittels einer definierten fluidtechnischen Oberflächenstruktur

Ausblick

Im nächsten Schritt werden die entwickelten Methoden im Rahmen eines Demonstrators umgesetzt und der Öffentlichkeit vorgestellt. Gemeinsam mit der Industrie sollen dann kundenspezifische Lösungen erarbeitet werden.

Industrieverbund Montagesauberkeit

MOntSa

Ausgangssituation

In der Automobil- und deren Zulieferindustrie, der Hydraulikindustrie und im Flugzeugbau ist der Trend zu immer höheren Produktreinheiten aus technischen Notwendigkeiten ungebrochen. Trotz größter Anstrengungen in der Einzelteilfertigung von der Entgratung über die Reinigung bis hin zur Spezifikation und Messung von Sauberkeitsgrenzwerten gelingt es nicht, schädigende Partikel aus den Produkten fern zu halten. Eine der Hauptquellen für diese »unvermeidlichen« kritischen Partikel liegt im Bereich der Montage und deren Umfeld wie z. B. bei

- Fügeverfahren
- Montageanlagen
- Personal und Umgebung
- Montagenaher Logistik

Bild 1 Kritische Partikel an Schraubgewinden.

- Nacharbeit und Wartung
- Vereinzelung und Bereitstellung

Das führt dazu, dass selbst Systeme, die aus zunächst ideal sauberen Bauteilen gefügt sind, im Inneren Partikelverschmutzungen aufweisen, die durch die Montage, z. B. beim Schrauben, Verstemmen oder beim Kontakt mit Werkstückträgern, entstanden sind.

Aufgaben und Ziele

Um die strengen Sauberkeitsvorgaben, die für moderne Automobil- und Hydraulikkomponenten gelten, einhalten zu können, sind zeitnah Konzepte zu erarbeiten, mit deren Hilfe der Partikeleintrag in sauberkeitskritische Produkte minimiert werden kann. Unter der Maxime »So sauber, wie nötig«, nicht »wie möglich«, müssen in kurzer Zeit Techniken und Vorgehensweisen geschaffen werden, um den funktionskritischen Partikeleintrag aus der Montage erfassen und an der richtigen Stelle Maßnahmen zur Optimierung der Sauberkeit einleiten zu können.

Aufbauend auf einem offenen Industrie-Workshop im März 2007, bei dem der aktuelle Industriebedarf ermittelt und konkretisiert werden konnte, wurden folgende Projektziele formuliert:

- Schaffung und Vereinheitlichung von Vorgehensweisen und Messverfahren zur Beurteilung von Montagekontaminationen und Umgebungseinflüssen von Anlagen, Personal oder Fördertechnik
- Ist-Zustandsaufnahme von Partikelquellen in der Montage und deren Umfeld
- Optimierung kritischer Prozesse oder Aufzeigen sauberkeitsgerechter Alternativen
- Erstellung eines Planungshandbuchs für die Saubermontage

Projektbeschreibung

Zur Bearbeitung und Lösung der anstehenden Fragestellungen wurde mit einem Kick-off-Meeting am 14.9.2007 ein offener Industrieverbund mit dem Titel »MontSa – Montagesauberkeit« unter Koordination des Fraunhofer IPA gegründet.

Bild 2 Teilnehmer am Industrieverbund »MontSa«.

Im Oktober 2007 hat die erste Phase der eigentlichen Projektarbeit begonnen, die sich in folgende Unterpunkte gliedert:

- Recherchen und Firmenbesuche zur Ermittlung des Ist-Zustands in der Saubermontage
- Grundlagenuntersuchungen im Labor und bei den Firmen vor Ort
- Vorbereitung eines Planungshandbuchs
- Koordination und Vertretung des Industrieverbunds

Das Projekt wurde bereits im Strategiekreis des VDA QMC vorgestellt, der daraufhin die offizielle Schirmherrschaft des Vorhabens geplant hat.

Modularer mikrofluidischer Baukasten

Ausgangssituation

Die heutigen Abmaße von Geräten und Gerätekomponenten waren vor einigen Jahren noch undenkbar. Durch den konstanten Fortschritt in der Forschung und Entwicklung ist heute die Umsetzung von kleinsten Geräten und Komponenten realisierbar. Beispielsweise wurden bei Computern nicht nur die Kosten, sondern auch die Ausmaße um ein Vielfaches gesenkt.

Dieser Trend zur Miniaturisierung ist auch bei der medizinischen Analytik feststellbar. Früher wurden die meisten Analysen aus Platz- und Kostengründen in zentralen Laboreinrichtungen durchgeführt. Heute wird vermehrt dazu übergegangen, medizinische Untersuchungen an Ort und Stelle mit »Point-of-Care-Geräten« durchzuführen. Diese Entwicklung ermöglicht eine beschleunigte Diagnose, durch die eine folgerichtige Therapie zeitnah eingeleitet werden kann. Vor allem in der Notfallmedizin ergeben sich dadurch erhebliche Vorteile.

Aufgaben und Ziele

Die Analysen mit Point-of-Care-Geräten werden mit hochintegrierten, mikrofluidischen Einmalchips durchgeführt. Die Strukturen der Einmalchips werden derzeit durch einen hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwand realisiert. Dieser Aufwand lässt sich durch den am Fraunhofer IPA entwickelten modular aufgebauten mikrofluidischen Baukasten deutlich reduzieren. Aber nicht nur die Entwicklung von mikrofluidischen Prozessen, die anschließend auf Einmalanalysechips übertragen werden, ist möglich. Ziel des modularen mikrofluidischen Baukastens ist auch der Aufbau komplexer mikrofluidischer Prozesse, die individuell und je nach Bedarf schnell umgesetzt werden können (z. B. individuelle Medikamentenzusammenstellung).

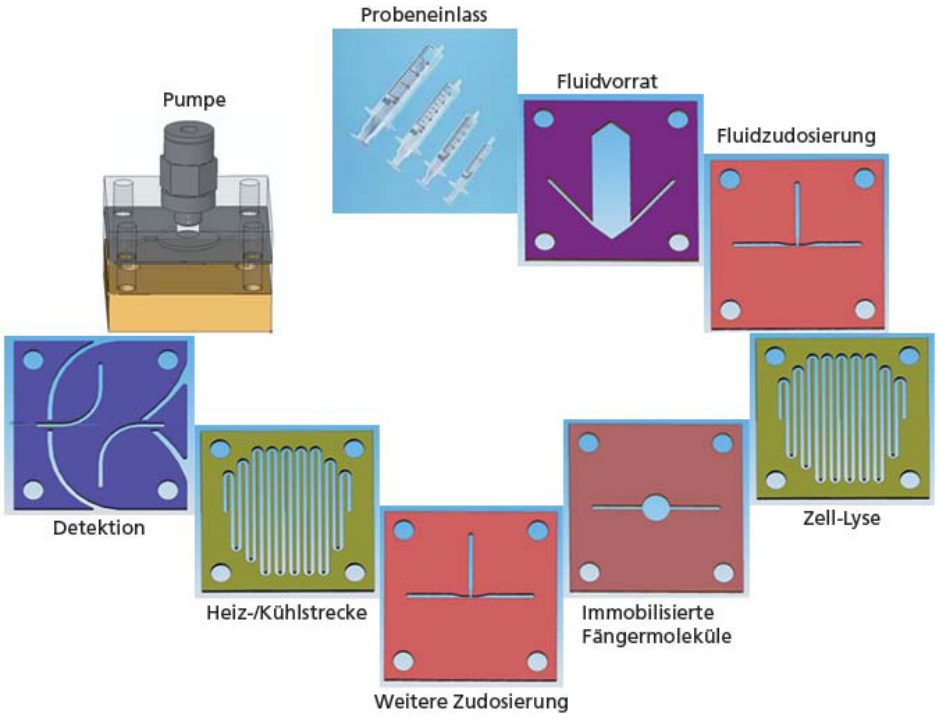


Bild 1 Einzelne Bausteine mit verschiedenen Funktionalitäten.

Projektbeschreibung

Die Entwicklung der mikrofluidischen Strukturen erfolgt, indem zunächst die einzelnen Funktionen eines Prozessablaufs (z. B. Fördern, Mischen, Temperieren, Separieren) vereinzelt und anschließend auf unterschiedlichen Modulen abgebildet werden (Bild 1). Die entwickelten Module werden dann auf einer Plattform zunächst separat, später als zusammengesetzter Prozess getestet. Auf diese Weise können beliebigste Prozesse innerhalb kürzester Zeit entwickelt und realisiert werden. Auch können die Prozessabläufe aufgrund der Modularität schnell abgeändert werden. Dabei ist nicht nur die Realisierung von Prozessen aus dem medizinischen Analysebereich möglich, es können auch Prozesse aus Bereichen wie der Lebensmittelanalytik, Umweltanalytik und Mikrosystemtechnik aufgebaut, getestet und realisiert werden. Voraussetzung für das Funktionieren des Baukastens ist das Vorhandensein definierter Schnittstellen. Dies betrifft nicht nur die Schnittstellen der Module untereinander, sondern ganz besonders die Schnittstellen des Baukastensystems zur Makrowelt. Bild 2 zeigt eine Plattform, auf der verschiedene mikrofluidische Module für einen immunologischen Prozess verknüpft sind.

Ergebnis

Mit diesem mikrofluidischen Baukasten ist es möglich, Prozesse in mikroverfahrenstechnischen Produktionen zu realisieren. Ein Anwendungsbeispiel ist die Entwicklung einer Mikropharmafertigung, die individuell patientengerechte, flüssige Medikamente vor Ort herstellt. Die Umsetzung einer Mikropharmaproduktion ermöglicht die optimale und individuell angepasste Dosierung einzelner Wirkstoffe, was eine verbesserte Therapie für den Patienten zur Folge

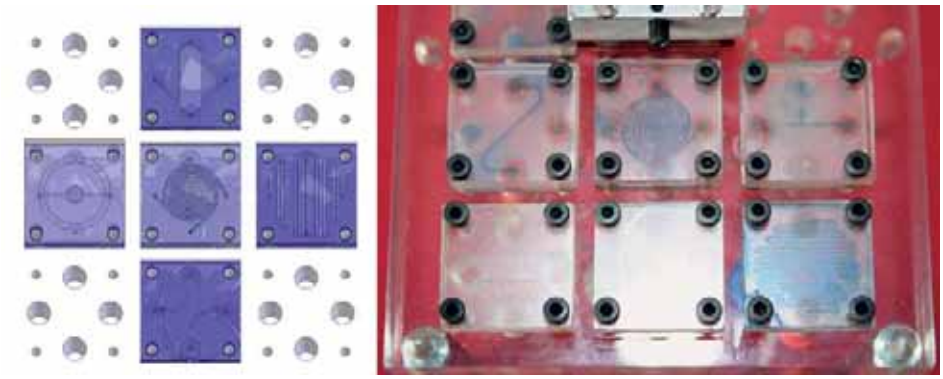


Bild 2 Mikrofluidischer Baukasten mit beispielhaftem Prozessablauf.

hat. Darüber hinaus werden unwirksame Zusatzstoffe wie beispielsweise Konservierungsstoffe nicht mehr benötigt. Ebenfalls wird durch die Just-in-Time-Produktion der Medikamente eine Überproduktion vermieden. Zusätzlich entfallen Lagerplatz und Lagerkosten.

Mit dem modularen mikrofluidischen Baukasten sind jedoch nicht nur Prozesse in mikroverfahrenstechnischen Produktionen realisierbar. Auch die Entwicklung von mikrofluidischen Einmalanalysechips (Bild 3) ist möglich. Die Umsetzung mikrofluidischer Prozesse auf Einmalchips wird realisiert bei Analysen, die massenhaft durchgeführt werden, z. B. in der medizinischen Analytik. Voraussetzung für die Entwicklung von mikrofluidischen Einmalanalysechips ist die erfolgreiche Abbildung und Testung verschiedener aufeinander folgender mikrofluidischer Strukturen auf Modulen des modularen Baukastens. Die Analysechips können nach erfolgreicher Testung der zusammenhängenden Strukturen auf der Plattform als monolithisches System kostengünstig und in hohen Stückzahlen hergestellt werden. Der Chip kommt dann bei Point-of-Care-Analysen zum Einsatz. Die Probe wird dabei direkt in den Chip eingeführt und kommt zur Auswertung in ein speziell dafür entwickeltes Gerät.

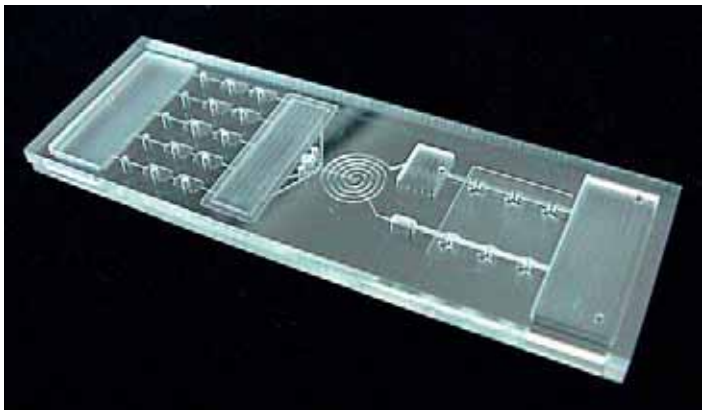


Bild 3 Einmalanalysechip.

Der CO_2-Injektor – Reinigungslösung für Bohr- und Sacklöcher

Ausgangssituation

Der Trend zu immer höheren Produktreinheiten ist seit vielen Jahren ungebrochen. Die Reinigungstechnik hat sich in vielen Bereichen zu einer Schlüsseltechnologie entwickelt, ohne deren Beherrschung die hohen Produktqualitäten nicht produzierbar wären. Viele der etablierten Reinigungsverfahren kommen dabei hinsichtlich Reinigungspräzision, Prozessstabilität und Fertigungsintegrierbarkeit an ihre Grenzen. Dies ist vor allem bei Bauteilen der Fall, welche geometrisch kompliziert geformt und entsprechend schlecht zugänglich sind, wie Bohrungen und Sacklöcher mit hohen Aspektverhältnissen. Hier müssen in der Regel Späne, Partikel und Reste von Bearbeitungsölen nicht selten innerhalb sehr kurzer Taktzeiten entfernt werden.

Lösungsansatz

Der Einsatz von hoch beschleunigtem CO_2-Schnee ist hervorragend geeignet, partikuläre Verunreinigungen von Oberflächen zu entfernen. Die Reinigung

Bild 1 Bearbeitungsrückstände im Bohrloch (Span, Öl).

von Bohrlöchern erfordert jedoch zusätzlich eine hohe Entfettungsleistung, welche durch den Einsatz von überkritischem CO_2 als Lösungsmittel erreicht wird. Das neue patentierte Reinigungsverfahren und das Reinigungswerkzeug, der CO_2-Injektor, kombiniert diese beiden effektiven Methoden und macht so eine schnelle und trockene Reinigung von Bohr- und Sacklöchern möglich.

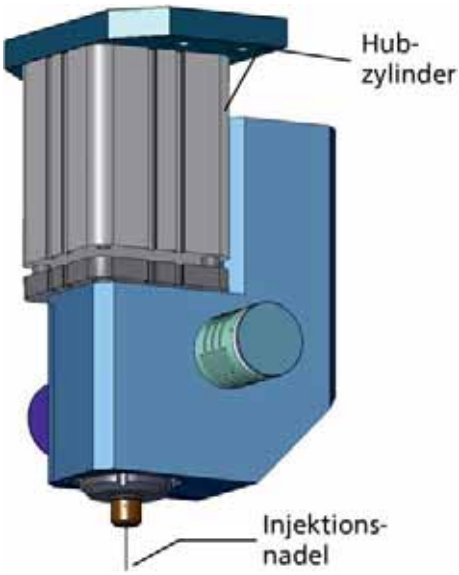


Bild 2 CO_2-Injektor.

Die Reinigung erfolgt in folgenden Schritten:

- Einführen der Injektionsnadel in das Bohrloch
- Abdichten des Bohrlochs
- Fluten mit überkritischem CO_2 (>31 °C, >78 bar)
- Spülen mit überkritischem CO_2 (Öl entfernen)
- Ausblasen mit CO_2-Schnee (Partikel und Späne entfernen)

Abhängig von der zu entfernenden Ölart und -menge wird die Lösungsleistung des überkritischen CO_2 über die Temperatur und den Druck sowie die Anzahl der Spülzyklen angepasst.

Abhängig vom Kontaminationsgrad der Bohrung erfolgt die Reinigung in wenigen Sekunden. Hierdurch und durch die entfallenden Nacharbeiten z. B. Trocknung, kann das Verfahren einfach in Massenfertigungen eingefügt werden.

Vorgehensweise

Durch neue Entwicklungen des Fraunhofer IPA werden die großen Vorteile der CO_2-Reinigungsverfahren für neue Anwendungen erstmals auch für Bohr- und Sacklöcher nutzbar:

- Effiziente Reinigungswirkung (Partikel und Öle)
- Lokale Begrenzung
- Schonende und trockene Werkstückbehandlung
- Hohe Automatisierbarkeit
- Gute Anlagenintegrierbarkeit
- Umweltfreundliche Kreislaufführung des Reinigungsmediums möglich

Die Anpassung des Verfahrens an fertigungstechnische Fragestellungen kann in folgenden einfachen Schritten durchgeführt werden:

- Prüfung der Entfernbarkeit der spezifischen Kontaminationen mittels Testbohrung
- Anpassung des CO_2-Injektors an das zu reinigende Bohrloch
- Ermittlung der spezifischen Prozessparameter

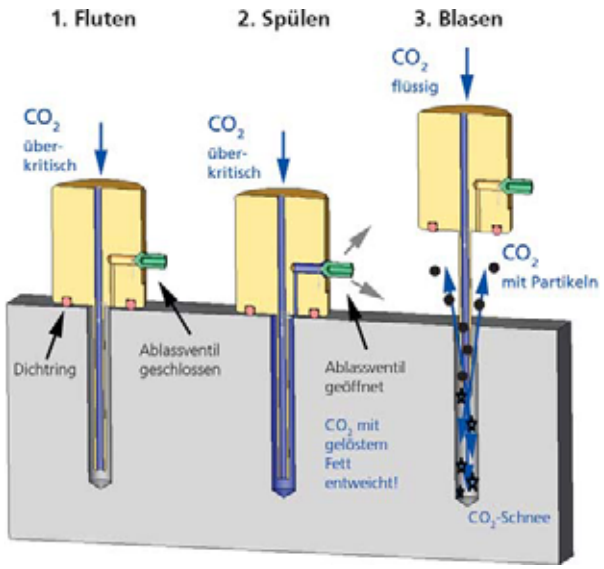


Bild 3 Ablauf der Bohrlochreinigung.

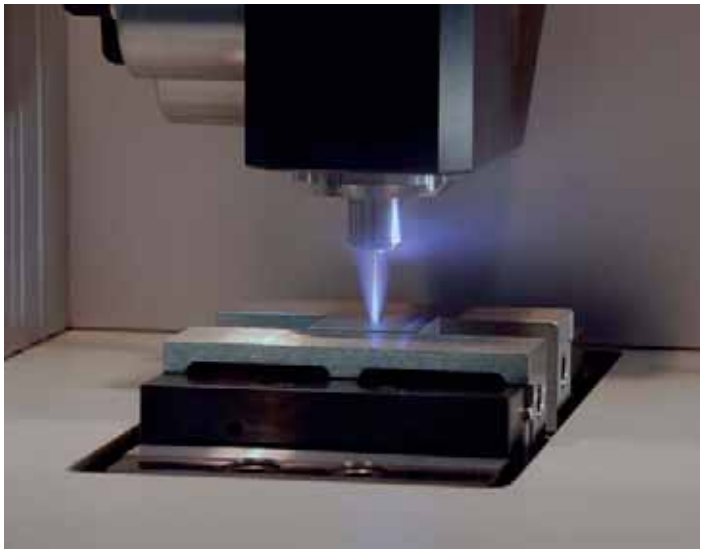


Bild 4 Ausblasen mit CO_2-Schnee.

Dünnschicht-Photovoltaik auf dem Vormarsch

Ausgangssituation

Der anhaltende weltweite Aufschwung der Photovoltaik elektrisiert zur Zeit die Industrie. Getragen von vielfältigen Unterstützungsmaßnahmen durch direkte oder indirekte Subventionen werden im In- und Ausland derzeit große Investitionsanstrengungen unternommen. Das große Ziel dabei ist »Grid-Parity«. Dies wird als der Zeitpunkt in den erneuerbaren Energien bezeichnet, bei welchem der Strom zu Marktpreisen erzeugt werden kann. Für einige Regionen ist dies für die Photovoltaik im Jahr 2010 schon denkbar.

Die Dünnschicht-Photovoltaik hat dabei bereits jetzt einen komparativen Kostenvorteil. Während man bei Produktionskosten bei den kristallinen (waferbasierten) Technologien von ca. 1,80 € pro Wattpeak Leistung ausgeht, erreichen Dünnschichttechnologien bereits heute Kosten um die 1,50 €. Der Nachteil des vergleichsweise geringeren Wirkungsgrads bei Dünnschichttechnologien wird dadurch schon gemildert. Hinzu kommt der technologische Vorteil der Dünnschichttechnologie bei diffusem Licht (besserer Wirkungsgrad) und hohen

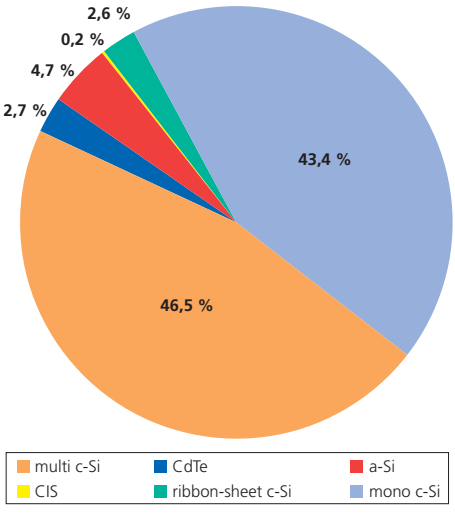


Bild 1 Technologieanteile in der Photovoltaik.

Temperaturen (geringerer Leistungsabfall). Dies führt dazu, dass Dünnschichttechnologien ein enormes Wachstumspotenzial haben und aus ihrer Nischenposition von unter zehn Prozent Marktanteil (s. Bild 1) auf über 30 Prozent in der nächsten Dekade gelangen können.

Dünnschichttechnologien unterscheiden sich grundlegend von denen der waferbasierten Technologien, obwohl das Endprodukt auf die gleiche Wirkungsweise abzielt. Abstrakt gedacht, kann der Unterschied durch folgende Analogie verdeutlicht werden: Während die waferbasierte Technologie mit dem Backen von Brotlaiben verglichen werden kann, repräsentiert die Produktion von Knäckebrot die Dünnschichttechnologien.

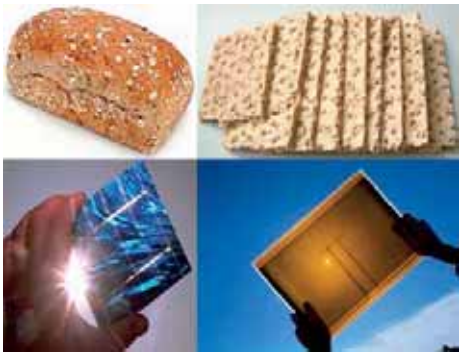


Bild 2 Photovoltaik im Vergleich mit Brotprodukten – ähnliche Produkte, unterschiedliche Produktionsverfahren.

Beides dient der Ernährung als Nahrungsmittel und Träger von entsprechendem Belag, respektive der Erzeugung elektrischen Stroms aus Sonnenlicht. Die dazu benötigten Zutaten, Materialien und Produktionsprozesse haben zwar Überschneidungen, sind jedoch fundamental verschieden (siehe Bild 2).

Daher bieten die meisten Hersteller von Produktionsanlagen auch nicht in beiden Märkten an.

Im Dünnschichtmarkt haben sich in den vergangenen Jahren die vorhandenen Technologien unterschiedlich entwickelt.

Bild 3 Dünnschichtphotovoltaik in der Anwendung (Quelle: BSW-Solar/Sharp Solar).

Technologien, basierend auf CIS (Kupfer-Indium-Selen) und CdTe (Cadmiumtellurid), wurden stark von Forschungsinstituten entwickelt, die nun in Unternehmen umgesetzt werden. Durch enge Kooperationen zwischen Instituten, Anlagenherstellern und Produzenten sind diese Technologien für neue Firmen derzeit nur sehr eingeschränkt verfügbar. Im Bereich der siliziumbasierten Dünnschichttechnologien konnten Anlagenhersteller bereits auf Erfahrungen aus der Produktion von Flachbildschirmen zurückgreifen. Daher gibt es nun drei Anlagenhersteller, die schlüsselfertige Produktionsanlagen mit entsprechendem Wissenstransfer über die Prozesse am Markt anbieten. Dieses Angebot wird zur Zeit von einer Vielzahl von Neugründungen angenommen, die in den nächsten Jahren Fertigungskapazitäten aufbauen werden.

Das Fraunhofer IPA unterstützt die Industrie dabei in vielfältigen Projekten.

Projektbeispiel für neue Unternehmen

Im Rahmen eines Industrieprojekts wurde am Fraunhofer IPA ein Businessplan entwickelt, der dem Kunden die Möglichkeiten in der Dünnschichttechnologie aufzeigt. Dabei stand aufgrund der oben beschriebenen Marktposition die siliziumbasierte Technologie (a-Si/µc-Si) im Fokus der Betrachtung. In diesem Plan wurden sowohl die unterschiedlichen Technologien und Produktionsprozesse erläutert als auch eine umfangreiche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung abgebildet. Das Fraunhofer IPA konnte dabei auf Erfahrungen und Datenmaterial vorhergehender Projekte zurückgreifen. Die Ergebnisse dieses Businessplans sind sehr vielversprechend. Sie zeigen auf, dass es für neue Unternehmen sehr lohnend sein kann, in den Photovoltaikmarkt zu investieren. Dem Nachteil eines späteren Markteintritts stehen dabei Vorteile bei der Mitnahme von Lerneffekten durch die Zulieferer gegenüber. Darüber hinaus ist der Photovoltaikmarkt derzeit in nahezu allen Bereichen ein Verkäufermarkt. Rohstoffe, Halbzeuge, Produktionsanlagen sowie die fertigen Module sind teilweise nur schwierig und mit langen Lieferzeiten erhältlich. Daher ist auch der Modulpreis trotz regressiver Vergütung in den letzten beiden Jahren gestiegen, statt wie erwartet zu sinken. Trotzdem wurden bei der wirtschaftlichen Berechnung konservative Werte in drei Szenarien verwendet, die einen regressiven Modulpreis voraussetzen. Zielwert ist dabei ein Modulpreis von durchschnittlich 1 €/Wattpeak im Jahr 2017. Mit diesen Annahmen sind Renditen von über 14 Prozent erzielbar.

Wichtig bei dieser Berechnung ist eine kontinuierliche Steigerung der Effizienz der Solarzellen. Solarzellen, die auf amorphem Silizium (a-Si) beruhen, erzielen heute einen Wirkungsgrad von ca. 6,5 Prozent. Im Vergleich dazu sind waferbasierte Technologien mit über 14 Prozent klar im Vorteil. Durch Einführung einer mikrokristallinen zweiten Zelle, die direkt hinter der ersten amorphen Zelle aufgebracht wird, lässt sich der Wirkungsgrad derzeit auf über 8 Prozent steigern.

Die dadurch entstehende Tandemzelle (s. Bild 4) hat Potenziale für Wirkungsgrade von 12–13 Prozent. Für neue Unternehmen ist es entscheidend, Effizienzsteigerungen zu erreichen. Daher wurden langfristige Effizienzsteigerungen auf 10,5–11 Prozent zugrunde gelegt.

Neben der Effizienzsteigerung sind die Materialkosten ein entscheidender Faktor. Die Kosten dafür machen ca. 50 Prozent der Produktionskosten pro Modul aus. Die restlichen Kosten verteilen sich auf andere Kosten wie Abschreibung, Wartung und Lohnkosten (siehe Bild 5). Je nach Szenario und Anlagenlieferant machen Stromkosten einen nicht unerheblichen Teil der Gesamtkosten aus. Technologische Entwicklungen können beim Material in Zukunft weitere Kosteneinsparungen erreichen. So verwenden beispielsweise die meisten Hersteller heute noch ein gerahmtes Modul, um es bei Transport und Betrieb vor Beschädigungen zu schützen sowie die Dichtigkeit zu erhöhen. Rahmenlose Module sind derzeit in der Erprobung, so dass hier in Zukunft sowohl ein Prozessschritt als auch die Rahmenkosten entfallen könnten.

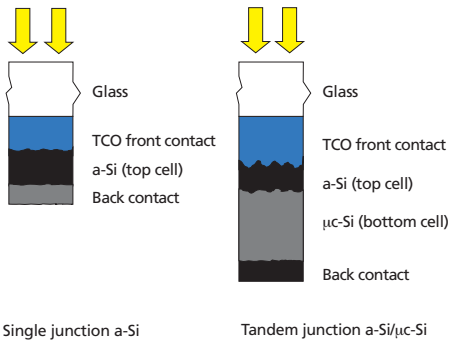


Bild 4 Schematische Darstellung des Aufbaus von a-Si- und a-Si-/µc-Si-Solarzellen.

Die Gesamtkosten für eine Fabrik mit einer Jahresleistung von 60 MWp können derzeit mit 150 Mio € abgeschätzt werden.

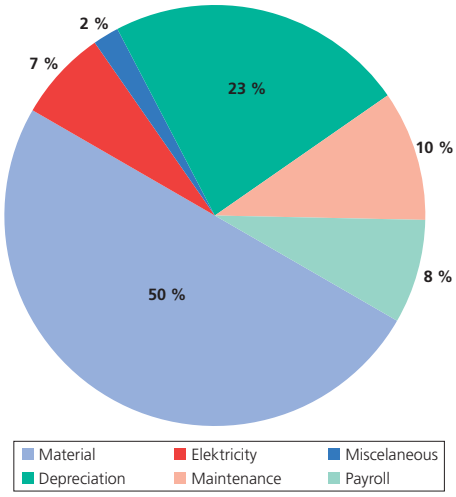


Bild 5 Produktionskosten von a-Si-/µc-Si-Photovoltaikmodulen im Überblick.

Ausblick

Im Bereich der Photovoltaikproduktion wird es in den nächsten Jahren vielfältige Entwicklungen geben. Neue Hersteller werden durch immer größere Fertigungskapazitäten die steigende Nachfrage bei sinkenden Kosten bedienen. Dazu werden die Anlagenbauer immer größere Anlagen liefern müssen. Neben Kosteneinsparungen im Materialbereich muss dabei auch der Anlagenpreis pro Wattpeak Produktionskapazität weiter sinken. Darüber hinaus wird der Automatisierungsgrad weiter zunehmen und die Steuerung solcher großen Fabriken der Komplexität der Abläufe entsprechen. Das Fraunhofer IPA wird die Dünnschichtphotovoltaik in den nächsten Jahren weiterhin aktiv in Projekten unterstützen.

Technische Informationsverarbeitung

Global verteilte Produktionsstandorte, virtuelle Unternehmensnetzwerke, konfigurierbare Produktionssysteme und intelligente Fertigungstechnologien sind Schlagworte moderner Unternehmens- und Produktionsstrukturen. Die Kommunikation über hierarchische Strukturen und Ebenen hinweg erfolgt hierbei mittels Daten und Signalen, die für die Informationsvermittlung und den effizienten Einsatz innovativer Strategien und Systeme entsprechend aufbereitet werden müssen.

Ob in der Qualitätssicherung oder während des gesamten Produktlebenszyklus, überall dort werden Zustände durch Sensoren erfasst und durch angepasste Softwarelösungen für technische und organisatorische Entscheidungen aufbereitet. Es entstehen somit riesige Datenmengen und Informationsflüsse, die nur durch strukturierte und bedarfsorientierte Informationstechnik beherrschbar und für das Unternehmen gewinnbringend aufzubereiten sind.

Die Abteilung Technische Informationsverarbeitung entwickelt und realisiert System- und Applikationslösungen für die Informationsverarbeitung im Zusammenspiel mit technischen Prozessen. Im Fokus der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten stehen intelligente Qualitätstechniken für die Null-Fehler-Produktion, wissensbasierte Informationstechnik für moderne Automatisierungssysteme und flexible Fertigungstechnologien für die effiziente Kleinserienfertigung.

Die Kernkompetenzen der Abteilung konzentrieren sich hierbei auf folgende Bereiche:

- Mess- und Prüftechnik
- Industrielle Bildverarbeitung
- Prozessüberwachung und Qualitätsprognose
- 3-D-Datenverarbeitung und Reverse Engineering
- Flexible und konfigurierbare Fertigungstechnologien
- Rapid Manufacturing

Das Spektrum der bearbeiteten Fragestellungen reicht von der Entwicklung grundlegender Bildverarbeitungsalgorithmen und innovativen Mess- und Prüfsystemen über Regelungssysteme für die qualitätsorientierte Produktion bis hin zur Konzeption und Entwicklung von Prozessketten und -technologien zur Erzeugung von Funktionsoberflächen in der Nano- und Biotechnologie.

Unsere Kunden sind sowohl Systemhäuser, für die wir innovative Produkte und Konzepte entwickeln, als auch Endanwender, die maßgeschneiderte Problemlösungen benötigen. Bei der Projektbearbeitung können wir auf jahrelange Erfahrung und interdisziplinäres Wissen zurückgreifen.

Vollständig Messen und Prüfen mit 3-D-Röntgen-Computertomographie

Ausgangssituation

Mit der industriellen Röntgen-Computertomographie (CT) steht der modernen Qualitätssicherung ein Instrument zur Verfügung, das die vollständige und zerstörungsfreie Erfassung eines Bauteils ermöglicht. Die CT basiert auf einem mathematischen Verfahren zur Rekonstruktion eines dreidimensionalen Modells aus einer Reihe von Projektionsbildern und liefert damit sowohl die Außengeometrie eines Objekts als auch dessen komplette Innenstrukturen. Die Visualisierung der Ergebnisse einer CT-Aufnahme in Form des so genannten Voxelmodells erlaubt folglich eine dreidimensionale Ansicht von Außen- und Innengeometrien. Mithilfe von virtuellen Schnitten durch das Objekt können Materialprüfungen durchgeführt werden und dabei Fehlstellen wie z. B. Lunker oder Risse erkannt und analysiert werden. Als weiterer Schritt lässt sich aus den Voxeldaten eine triangulierte Oberflächenbeschreibung des Objekts erzeugen, z. B. im STL-Format. Diese kann einerseits als Ausgangsbasis für Reverse-Engineering-Applikationen dienen, andererseits bildet sie die Schnittstelle für messtechnische Auswertungen, wie die Messung von Freiformflächen und geometrischen Merkmalen (Bild 1).

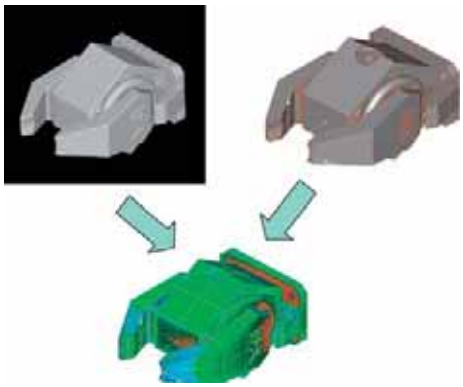


Bild 2 Soll-Ist-Vergleich der CT-Messdaten des Bauteils mit dessen CAD-Modell.

Insbesondere lassen sich mithilfe der Objektoberflächen komplette Soll-Ist-Vergleiche mit einem CAD-Modell des Bauteils durchführen (Bild 2). Um Formabweichungen quantitativ und qualitativ festzustellen und sichtbar zu machen, kommen Bestfit-Verfahren für regelgeometrische Elemente zum Einsatz, die eine messtechnische Auswertung auch ohne CAD-Modell ermöglichen.

Kompetenzen

In der Abteilung Technische Informationsverarbeitung des Fraunhofer IPA kann auf langjährige Erfahrung im Bereich der industriellen Computertomographie und der 3-D-Messtechnik zurückgegriffen werden. In zahlreichen nationalen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie industriellen Applikationen und Dienstleistungen wurde ein umfassendes Know-how aufgebaut, das unseren Partnern und Kunden aus Industrie und Wissenschaft zugute kommt. Insbesondere für die Verarbeitung und messtechnische Auswertung der CT-Daten sind in diesem Rahmen verschiedene Softwarelösungen entwickelt worden, die nun sowohl bei industriellen Partnern als auch am Fraunhofer IPA eingesetzt werden.

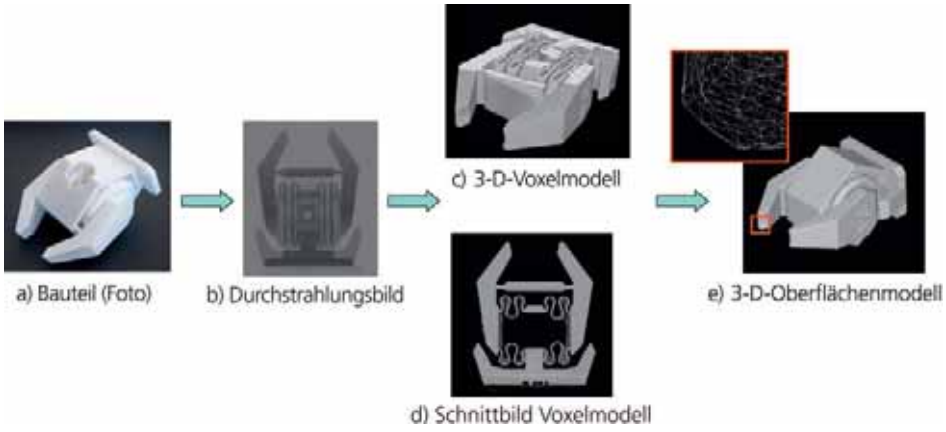


Bild 1 Typische CT-Prozesskette.

Leistungsangebot

Seit Juli 2007 ist am Fraunhofer IPA ein neues Multisensor-Koordinatenmessgerät mit integrierter Computertomographie sowie taktiler und optischer Sensorik im Einsatz. Diese Kombination unterschiedlicher Sensoren in einem Gerät erlaubt gleichzeitig hochpräzises und vollständiges Messen von Bauteilen. Damit kann am Fraunhofer IPA ein großes Spektrum von Bauteilen aus den unterschiedlichsten Materialien (Metalle wie Aluminium und Titan, Keramik und Kunststoffe) und Messanforderungen untersucht und gemessen werden.

Im Bereich Computertomographie können folgende Leistungen erbracht werden:

- Vollständige Digitalisierung von Objekten
- Datenauswertung zur Materialprüfung, z. B. Lokalisierung von Lunkern und Rissen
- Wandstärkenprüfung
- Hochgenaue vollständige Messung von Bauteilen
- Soll-Ist-Vergleich zwischen CAD-Modell und CT-Messdaten

Röntgenenergie	max. 225 keV
Röntgenröhre	Mikrofokusröhre
Max. Durchmesser Messobjekt	350 mm
Max. Länge Messobjekt	500 mm
Detektorsystem	Flachdetektor
Detektorauflösung	2000 x 2000 Pixel
Multisensorik	taktil und optisch

Bild 3 Multisensor-CT-Anlage TomoScope® HV 500 von Werth Messtechnik GmbH am Fraunhofer IPA.

- Röntgenprüfung (Durchstrahlungsbilder)
- Softwareentwicklung, insbesondere für die Messtechnik und Voxeldatenverarbeitung
- Beratung zu allen Fragen der CT-Technik, u. a. Prozess- und Anforderungsanalyse, Untersuchung zur Messprozesseignung, Unterstützung bei Geräteauswahl und Gerätevergleich, Auswahl geeigneter Auswertesoftware

Einsatz der Computertomographie im Produktentwicklungs- und Herstellungsprozess

Im Juni 2007 wurde das EU-Forschungsprojekt DETECT (New Product Design and Engineering Technologies based on Next Generation Computed Tomography) erfolgreich abgeschlossen. Ziel dieses Forschungsprojekts war es, sowohl neue Hardware- als auch Softwarelösungen für den Einsatz der CT im Produktentwicklungs- und Herstellungsprozess zu generieren und diese neuen Technologien in die entsprechenden industriellen Prozessketten zu integrieren.

Der Fokus des Projekts lag hierbei auf großen und komplexen Bauteilen wie z. B. Zylinderköpfen, da zur Erfassung dieser Bauteile mit der bisherigen CT-Technologie lange Messzeiten erforderlich waren. Um dieses hochgesteckte Ziel zu erreichen, haben unter der Koordination des Fraunhofer IPA insgesamt zehn Partner aus Industrie und Forschung in den letzten dreieinhalb Jahren intensiv zusammengearbeitet:

- Fraunhofer IPA Deutschland, (Koordinator)
- Centro Ricerche FIAT, Italien
- Eidgenössische Materialprüfungsanstalt, Schweiz
- Hans Wälischmiller GmbH, Deutschland
- Materialise N.V., Belgien
- Metris N.V., Belgien
- BRP-Rotax GmbH & Co. KG, Österreich
- Technische Universität Cluj-Napoca, Rumänien
- Tomo Adour, Frankreich
- Universität Bologna, Italien

Bei der Abschlusspräsentation des Projekts in der Schweiz konnte eindrucksvoll der 3-D-CT-Prototyp der nächsten Generation mit neu entwickeltem Detektorsystem präsentiert und live CT-Aufnahmen durchgeführt werden. Mit der neuen CT-Anlage ist nun eine zehnfach schnellere und trotzdem präzise Erfassung großer, komplexer Bauteile ermöglicht worden. Weiterhin wurden die entwickelten Softwarelösungen sowohl zur Rekonstruktion und Datenkorrektur der CT-Daten als auch zur automatisierten Erzeugung von Oberfächendaten in Form von Dreiecksnetzen, zur Aufbereitung und Modellierung dieser Dreiecksnetze sowie zur schnellen, automatisierten Flächenrückführung als Demonstratoren vorgeführt. Am Fraunhofer IPA sind im Projekt Verfahren zur automatischen, adaptiven Extraktion von Oberflächendaten (STL-Erzeugung) aus den rekonstruierten Voxeldaten sowie Soft-

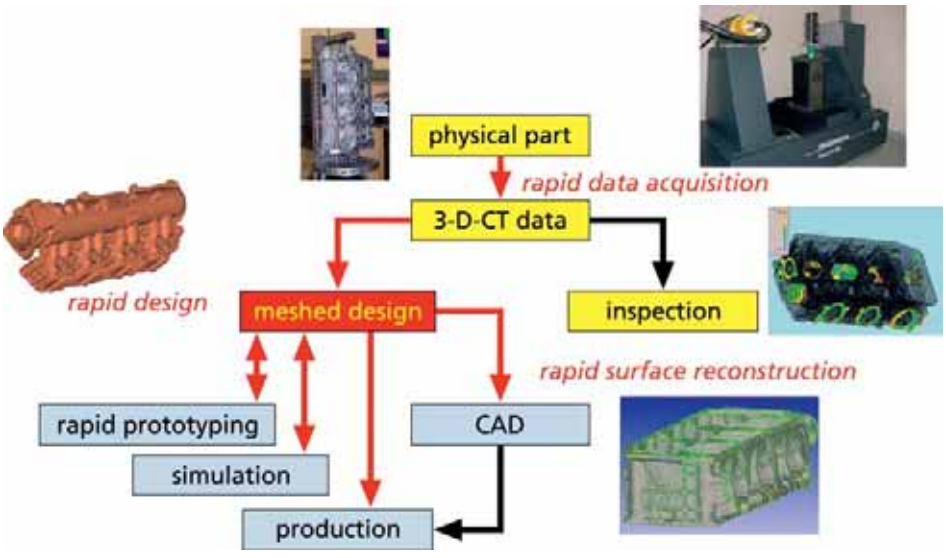


Bild 4 Integration der neuen CT-Technologie in den Produktentwicklungsprozess.

warelösungen zur automatisierten Krümmungsanalyse und Segmentierung entstanden. Diese dienen unter anderem zur Vorverarbeitung bei der weiteren Auswertung der 3-D-Messpunktwolken. Insbesondere wurde eine Software-Bibliothek zur Einpassung kombinierter regelgeometrischer Elemente wie z. B. von Langlöchern oder konzentrischen Zylindern entwickelt, die sowohl bei der schnellen Flächenrückführung als auch bei der messtechnischen Auswertung eingesetzt werden kann.

Die Endanwender haben den Einsatz der neu entwickelten Softwarelösungen in ihre Prozessketten integriert und nach ausgiebigen Tests bestätigt, dass eine erhebliche Verbesserung und Automatisierung in den verschiedenen Prozessketten von der Simulation über die Inspektion und Materialprüfung bis hin zur schnellen Flächenrückführung erzielt wurde. Damit ist auch eine große Ersparnis an Zeit und Kosten verbunden, von der die industriellen Anwender in Zukunft profitieren werden.

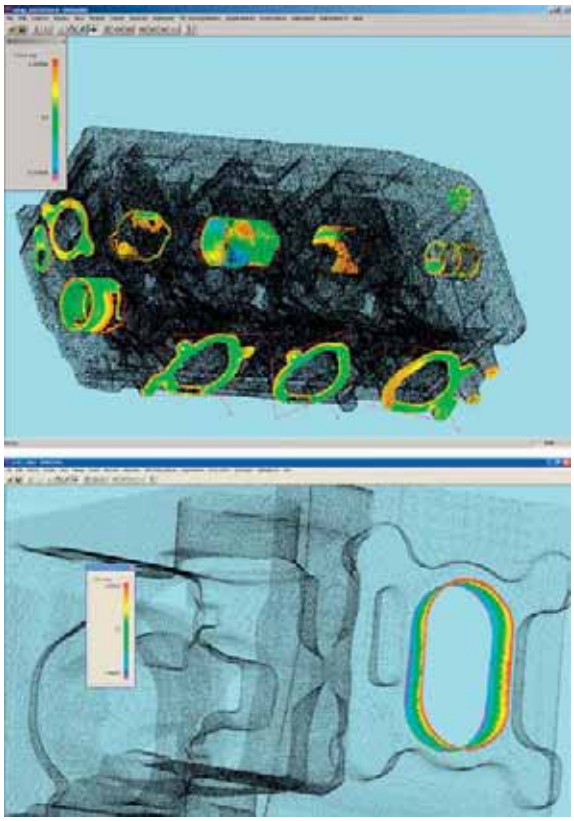


Bild 4 Auswertung der Messdaten eines Zylinderkopfs durch Besteinpassung einzelner und kombinierter regelgeometrischer Elemente.

SmartVision: dreidimensionales Sehen mit Laufzeitkameras

Ausgangssituation

Um sich in einer komplexen und veränderlichen Umwelt zurechtzufinden und mit ihr zu interagieren, benötigen Maschinen 3-D-Sensoren, die eine geometrische Erfassung der Umgebung erlauben. Neben dem Einsatz in der industriellen Fertigung bieten Serviceroboter im Haushalt und die Unterhaltungselektronik vielfältige Einsatzgebiete, die durch die Verwendung leistungsstarker 3-D-Sensoren profitieren können. Als Anwendungsfelder sind zu nennen:

- Robotik: Greifen von beliebig orientierten Objekten
- Navigation: Erkennen von Hindernissen, Vermeidung von Kollisionen
- Sicherheitstechnik: Zugangskontrolle, Personenverfolgung
- Mensch-Maschine-Interaktion: Gestenerkennung

Bisherige 3-D-Sensoren wie Laserscanner oder Stereokameras erfassen ihre Umwelt nur bruchstückhaft oder benötigen viel Zeit und Rechenaufwand, um die Umgebung digital abzubilden. Neu auf den Markt drängende 3-D-Kameras, die auf dem Prinzip der Laufzeitmessung beruhen, haben hingegen das Potenzial, in Alltagsprodukten wie Einparkhilfen, autonomen Staubsaugern oder interaktiven Spielekonsolen integriert zu werden. Neben einem günstigeren Preis zeichnen sich diese Laufzeitkameras vor allem durch die hohe Bildrate, mit der die Oberfläche der Umgebung erfasst wird, gegenüber anderen Sensoren aus.

Aufgabe

Im Rahmen des vom Innonet-Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekts »SmartVision« untersucht das Fraunhofer IPA in den Abteilungen Technische Informationsverarbeitung und Robotersysteme zusammen mit dem Institut für wissenschaftliches Rechnen der Universität Heidelberg und elf Industriepartnern seit zwei Jahren die Einsatzmöglichkeiten für Laufzeitkameras in der Praxis, entwickelt grundlegende Bildverarbeitungsalgorithmen für diesen neuen Kameratyp und realisiert erste Applikationen.

Projektbeschreibung

Der Ausgangspunkt für die Entwicklungen am Fraunhofer IPA sind die kommerziell verfügbaren Laufzeitkameras der Firmen PMDtec, ifm und CSEM. Für Laufzeitkameras waren bisher außer entsprechenden Schnittstellen zur Ansteuerung der Hardware und einfachen Programmen zur Visualisierung der Bilder keine Algorithmen für die Bildverarbeitung vorhanden.

Das Projekt »SmartVision« gliedert sich in drei wesentliche Phasen. Zunächst wurde die Leistungsfähigkeit der Laufzeitkameras evaluiert und es wurden grundlegende Algorithmen zur Kamerakalibrierung und Datenaufbereitung entwickelt. Danach konnte mit der Entwicklung grundlegender Bildverarbeitungsalgorithmen für die Objekterkennung und die Bewegungsdetektion begonnen werden. In der dritten Phase wurden diese Algorithmen in verschiedene Demonstratoren integriert und somit erste Beispielapplikationen für Laufzeitkameras geschaffen.

In der ersten Phase zeigten sich neben den großen Vorteilen wie der hohen Bildrate auch einige Nachteile der neuen Technologie. Die sehr rauschanfälligen Kameras sind ungenauer als andere 3-D-Sensoren und zeigen bei bewegten Bildern oder Sonnenstrahlung beim Außeneinsatz starke Datenartefakte. Daher wurde in dieser Phase viel Aufmerksamkeit auf die Erfassung und Beschreibung möglicher Einflussgrößen auf die Messergebnisse gelegt. Die daraus am Fraunhofer IPA entwickelten Kalibrierungsalgorithmen erlauben eine deutliche Bildverbesserung.

Während sich einige Bildverarbeitungsalgorithmen von anderen 3-D-Sensoren auch auf Laufzeitkameras übertragen lassen, wurden viele Algorithmen in Phase 2 neu entwickelt. Hohe Bildrate, Datenrauschen und relativ kleine Auflösung stellen spezielle Anforderungen an die Auswerteverfahren. Beispielhaft seien hier Algorithmen zur Objekt- und Ebenenerkennung sowie ein Verfahren zur Überwachung von Sicherheitsbereichen genannt.

Aufgrund der speziellen Eigenschaften von Laufzeitkameras wurden für die dritte Phase Applikationen gewählt, bei der Laufzeitkameras ihre Stärken voll ausspielen können. Die Überwachung von Sicherheitsbereichen in der Robotik und der Einsatz von Laufzeitkameras für mobile Systeme hatten damit ein Hauptaugenmerk.

So entstand am Fraunhofer IPA eine Roboterzelle (s. Bild 1), die mit Laufzeitkameras überwacht wird. Der Roboter ist durch virtuelle, sich mit dem Roboter bewegende Schutzzäune umgeben. Wird der Schutzbereich verletzt, so wird der

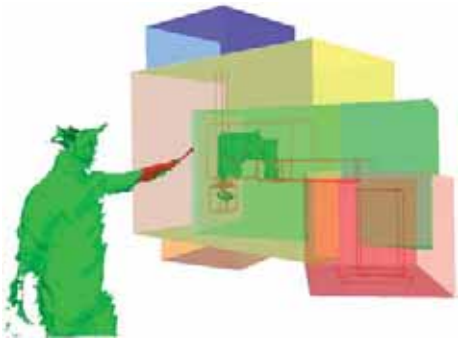


Bild 1 Überwachung einer Roboterzelle mit Laufzeitkameras.

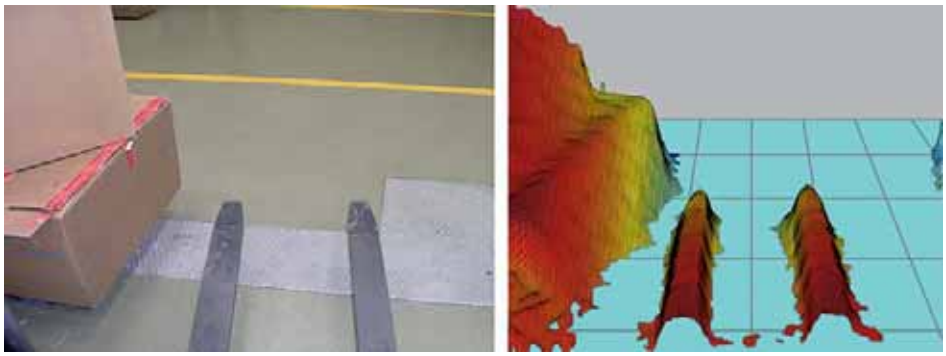


Bild 2 Hindernissegmentierung bei der Navigation mobiler Systeme durch Detektion der Bodenebene vor dem Fahrzeug.

Roboter gestoppt, bevor es zu einer Kollision kommt. Damit ist es zum Beispiel möglich, gefahrlos Teile durch Menschen oder weitere Roboter zuführen zu lassen, ohne die Arbeit des Roboters unterbrechen zu müssen.

Der Einsatz von Laufzeitkameras für mobile Systeme wurde am Beispiel eines Fahrerassistenzsystems zur Kollisionsvermeidung für Gabelstapler (Bild 2) untersucht. Die komplette dreidimensionale Erfassung der Umgebung bietet gegenüber den häufig verwendeten Laserscannersystemen extreme Vorteile. So können mit Laufzeitkameras auch die Regalböden zwischen den Regalfüßen sicher erkannt werden. Ebenso wird der Boden vor dem Fahrzeug erfasst, so dass zum Beispiel an Laderampen das System rechtzeitig gestoppt wird.

Ergebnis und Ausblick

Im Rahmen des Projekts »SmartVision« konnte das Fraunhofer IPA die neue Laufzeitkamera-Technologie intensiv erproben und ein Softwarepaket für diese Kameras entwickeln. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Vermessung der Laufzeitkameras und die daraus entwickelten Kalibrierungsalgorithmen sind dabei Grundvoraussetzung für alle weiteren Entwicklungen.

Die realisierten Applikationen zeigen das enorme Potenzial von Laufzeitkameras, viele Einsatzgebiete von 3-D-Bildverarbeitung in den nächsten Jahren zu revolutionieren. Mihilfe der entwickelten Basisbibliothek für die Bildverarbeitung von 3-D-Laufzeitkameradaten wurde die Entwicklungsgrundlage für zahlreiche Anwendungen geschaffen.

Auch wenn die Physik den Laufzeitkameras enge technische Grenzen setzt, so ist in den nächsten Jahren auch mit einer weiteren Verbesserung dieser Technologie zu rechnen. Der günstige Preis für diese Systeme wird für eine weite Verbreitung der Laufzeitkameras sorgen. Das Fraunhofer IPA wird diesen Prozess mit der Entwicklung passender Software entsprechend begleiten.

Konsortium

Neben dem Fraunhofer IPA und dem IWR der Universität Heidelberg besteht das Konsortium aus den Industriepartnern:

PMD TECHNOLOGIES, SCHMERSAL, REER, 3SOFT, inos innovative solutions, CLAAS, STILL, ifm electronic, Vitracom, GÖTTING, REICHHARDT

Nextep
Die neue Generation der Oberschenkelprothese

Ausgangssituation

Die moderne Orthopädie-Technik bietet Amputierten stets neue Möglichkeiten, ihren Alltag zu meistern. Bisherige Prothesensysteme bestehen aus Normteilen, die auf Kundenwunsch zusammengefügt und mit einem speziell angepassten Schaft versehen werden. Dieses modulare System hat den Nachteil, dass die Prothese nicht optimal an den Betroffenen angepasst werden kann.

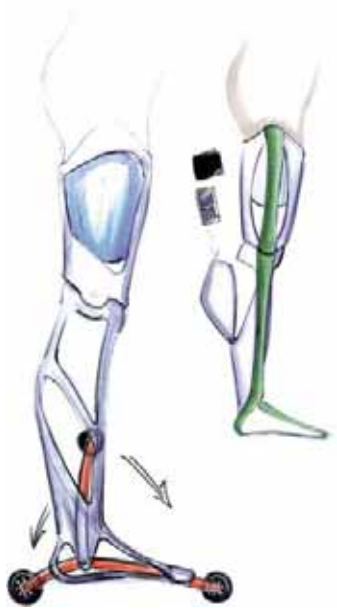


Bild 1 Designskizzen: Erweiterung statt Einschränkung.

Auch das Design der Prothese wird bei herkömmlichen Systemen oftmals vernachlässigt. Dies führt dazu, dass die ständig benötigte Gehhilfe niemals ihren »Krückencharakter« verliert und nicht nur funktionell, sondern auch optisch als Fremdkörper erscheint.

In Alltagssituationen stellen bewährte Prothesensysteme des Öfteren ein Hindernis dar, z. B. bei Belastungen, die sich vom normalen Gehverhalten unterscheiden, wie beim Sport oder insbesondere beim Schwimmen.

Aufgabe und Zielsetzung

Ziel der Prothese »Nextep« war es, mithilfe generativer Fertigungsverfahren eine individuell auf den Kunden zugeschnittene Oberschenkelprothese zu entwickeln, die nicht auf modulare Systeme zurückgreift. So können Tragekomfort und Alltagstauglichkeit der Prothese ungemein gesteigert werden. Auch durch die in der generativen Fertigungsweise verwendeten Materialien ergeben sich zahlreiche Vorteile. So kann trotz dünner Wandstärke und geringem Gewicht eine extrem belastbare und flexible Prothese hergestellt werden.

Des Weiteren sollte »Nextep« keinerlei kosmetische Verkleidungen in Form von künstlicher Haut o. Ä. erhalten. Vielmehr sollte die Prothese ein Designobjekt darstellen, das zwar die natürliche Form des menschlichen Beins aufnimmt, diese jedoch nicht zu imitieren versucht.

Durch die Kombination dieser im Prothesenbau völlig neuartigen Ansätze sollte eine Prothese entstehen, die nicht nur eine Gehhilfe, sondern auch Ausdruck eines selbstbewussten Lebensstils ist.

Ergebnis und Nutzen

Der erste am Fraunhofer IPA entwickelte Prototyp weist bereits zahlreiche positive Eigenschaften auf, die von Experten und Fachpresse gleichermaßen positiv hervorgehoben wurden.

Der erste Probeträger lobte die dynamischen Qualitäten der aus Polyamidpulver aufgebauten und im Prozess des Lasersinterns in Form geschmolzenen Prothese. Trotz der frühen Phase, in der sich die Entwicklung des Projekts befindet, ist die Prothese sehr gebrauchsfähig und alltagstauglich. Der Probeträger ging keinesfalls schonend mit dem Prototyp von »Nextep« um und testete die Beinprothese beim Rennen, Springen, Fahrrad fahren und sogar beim Schwimmen.

Die Neuinterpretation der traditionellen Schalenbauweise erregte großes Aufsehen und wurde unter anderem auf dem 12. Weltkongress der renommierten International Society for Prothetics and Orthodics in Vancouver dem Fachpublikum vorgestellt. Des Weiteren erschienen zahlreiche Artikel über die innovative Oberschenkelprothese in Fachmagazinen. Jannis Breuninger, der »Nextep« im Rahmen seiner Diplomarbeit am Fraunhofer IPA entwickelte, erhielt ebenfalls einige Auszeichnungen für das Projekt (s. S. 116 f.).

Bild 2 Realisierung einer Beinprothese auf Basis der generativen Fertigungsverfahren.

Da generative Fertigungsweisen bisher kaum in der Prothesentechnik genutzt werden, nimmt das Fraunhofer IPA mit diesem Projekt eine Vorreiterrolle ein und ermöglicht auf diese Weise die Anwendung der Technologie in einem völlig neuen Bereich.

Projektpartner

Das Projekt wurde zusammen mit der Firma Gottinger Orthopädietechnik durchgeführt.

Bild 2 Praxistest einer generativ gefertigten Beinprothese.

Röntgenbasierte Computertomographie als industrielles 3-D-Messmittel

Ausgangssituation

Mit 3-D-Röntgencomputertomographie (CT) ist es möglich, ein Bauteil komplett und zerstörungsfrei mit allen inneren geometrischen Strukturen zu erfassen. Damit CT-Anlagen als messmitteltaugliche Koordinatenmessgeräte verwendet werden können, muss die Messunsicherheit des Gesamtprozesses bekannt sein. Das Problem dabei ist: die Messunsicherheit von Messungen in CT-Daten wird von sehr vielen Faktoren beeinflusst. Großen Einfluss auf diese hat die Ausführung der CT-Anlage, aber auch das zu messende Objekt selbst. Es können Artefakte auftreten, die je nach Material, Lage und Anlagenparametern variieren.

Aufgabenstellung

Für eine messtechnische Auswertung von CT-Daten muss der gesamte Prozess von der Datenaufnahme bis hin zur messtechnischen Auswertung betrachtet und optimiert werden. So sind beispielsweise Messwerkzeuge erforderlich, die aus den CT-Voxeldaten automatisch und hochgenau 3-D-Messpunkte extrahieren können. Des Weiteren werden Softwarelösungen benötigt, die die riesige Messdatenmenge (oft mehrere Millionen Messpunkte) handhaben und darin Messaufgaben wie die Prüfung und Darstellung von Abweichungen zur Sollform durchführen können. Damit die Messergebnisse interpretiert und akzeptiert werden können, ist es zudem notwendig, Verfahren zur Bestimmung der Messunsicherheit bei CT-Messungen zu entwickeln.

Lösung

Zur Realisierung einer CT-Messanlage haben sich die drei Fraunhofer-Institute IIS, IZFP und IPA unter der Leitung des Fraunhofer IPA zusammengeschlossen. Gemeinsam haben sie im Rahmen der Internen Förderprogramme der Fraunhofer-Gesellschaft (Fördernummer WISA 813915) einen Anlagenprototyp (Bild 1) entwickelt, der speziell auf messtechnische Anforderungen ausgelegt ist und die komplette Messprozesskette, angefangen von der Röntgenaufnahme bis hin zum Soll-Ist-Vergleich umfasst und automatisiert.

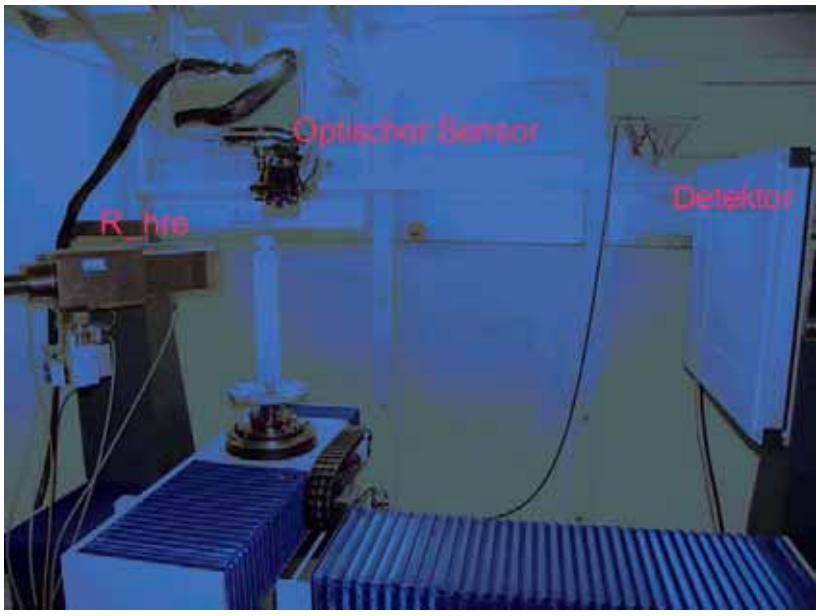


Bild 1
Multi-Sensor-CT-Anlage Tomolibri.

In einem ersten Schritt wurde der CT-Prozess simuliert und Einflussfaktoren auf die Messunsicherheit untersucht. Die Ergebnisse der Simulation flossen in die Entwicklung der neuen CT-Anlage ein, welche am Fraunhofer IZFP realisiert wurde. Dank präzisem und genauem Manipulationssystem und hochauflösender Röntgentechnik liefert diese Anlage sehr genaue CT-Daten von höchster Qualität. Die CT-Daten werden online durch ein am Fraunhofer IIS entwickeltes Verfahren zur Artefaktreduktion verbessert. Um die Messunsicherheit in CT-Messungen einzugrenzen und zu verringern, wurde die CT-Anlage als Multisensorsystem ausgelegt, wobei ein zusätzlicher Oberflächensensor (Streifenprojektionssystem Kolibri) des Fraunhofer IOF in Jena hochgenaue Messpunkte der zugänglichen Oberfläche des Bauteils liefert. Von Vorteil ist hierbei die hohe Geschwindigkeit und Messgenauigkeit (<10 µm) des Kolibrisystems.

Diese zusätzlich aufgenommenen, genauen Messpunkte erlauben es, in einem vom Fraunhofer IPA entwickelten Datenfusionsverfahren die Genauigkeit bei der Extraktion von Messpunkten zu steigern sowie die Messunsicherheit der CT-Messung anhand der Kolibrivergleichsdaten einzugrenzen. Dazu werden durch die zusätzlichen genauen Messpunkte lokale Schwellwerte in den CT-Daten für die Objektgrenze festgelegt. Um eine messtechnische Auswertung durchführen zu können, ist es notwendig, aus den Voxeldaten 3-D-Messpunkte zu erzeugen. Eine am Fraunhofer IPA entwickelte Software extrahiert diese Messpunkte in Form einer triangulierten Oberfläche (STL-Daten). Für die genaue und schnelle Vermessung von Bauteilen kann ausgenutzt werden, dass technische Strukturen häufig aus regelgeometrischen Elementen wie z. B. Ebenen, Zylindern oder Kegeln bestehen. Mit den Best-Fit-Algorithmen des Fraunhofer IPA

können automatisch alle geometrischen Grundelemente in der Messpunktwolke identifiziert werden. Es ist natürlich auch möglich, manuell per Mausklick gezielt einzelne Elemente zu vermessen. Als Ergebnis der hochgenauen Einpassung erhält man alle notwendigen Parameter, die Form und Lage des Objekts im Raum charakterisieren. Auf dieser Basis kann anschließend die Einhaltung von Lagetoleranzen und Formtoleranzen geprüft werden. Zur Visualisierung der Formabweichungen steht eine farbkodierte Darstellung der Abweichungen der einzelnen Punkte gegenüber der Idealform zur Verfügung. Weiterhin kann mit den 3-D-CT-Daten ein Soll-Ist-Vergleich des gesamten Bauteils durchgeführt werden. Dazu müssen die Soll- und Ist-Daten räumlich ausgerichtet werden (Registrierung). Ein am Fraunhofer IPA entwickeltes Softwarewerkzeug automatisiert diese Ausrichtung, so dass keine Benutzerinteraktion mehr erforderlich ist. Nach erfolgreicher Registrierung werden die Abweichungen berechnet und farblich dargestellt.

Weiterhin wurde ein Softwarewerkzeug zur Wanddickenmessung realisiert und in die Messsoftware integriert.

Zusammenfassung

Die große industrielle Nachfrage nach Lösungen, Objekte komplett, präzise und vor allem automatisch zu digitalisieren und anschließend messtechnisch auszuwerten, zeigt die hohe Relevanz dieses Themas. Die Anwendbarkeit der CT als Messmittel ist für viele Branchen wie beispielsweise die Automobilindustrie und deren Zulieferer, die kunststoffverarbeitende Industrie oder die Elektronikindustrie von großer Bedeutung. Mit der 3-D-CT-Umsetzung der kompletten Prozesskette für die Bauteilvermessung steht nun eine automatisierte, durchgängige Lösung zur Verfügung, die beim abschließenden Meilensteintreffen des Projekts bei den Gutachtern aus Industrie und Forschung großen Zuspruch fand.

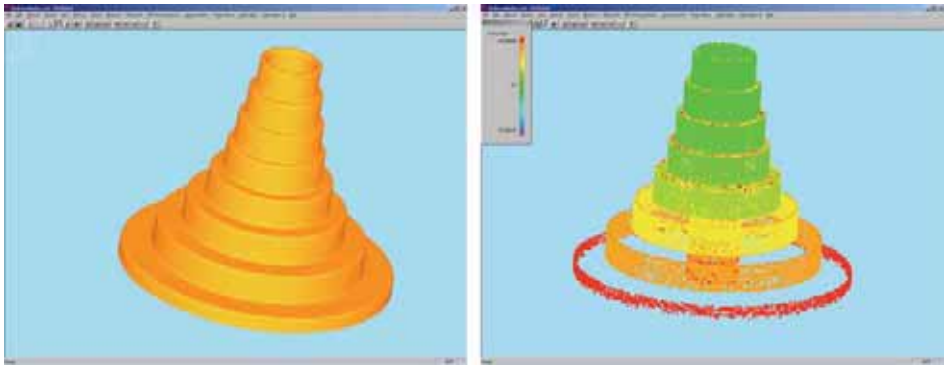


Bild 2 Wanddickenmessung an einem Stufenzylinder.

Lackiertechnik

Die Lackiertechnik orientiert sich heute an einer Vorgehensweise, die auf einem grundlegenden Verständnis der physikalischen und chemischen Prozesse aufbaut. Dies stellt die Voraussetzung für qualitätsgerechte und umweltverträgliche Verfahren sowie einen sicheren Produktionsablauf dar.

Viele Lackierereien stellen aber auch heute noch einen kritischen Bereich in der Fertigung dar, der bei kostenintensivem Betrieb, hohen Qualitätsanforderungen und einem Mangel an qualifiziertem Personal erhebliche Verbesserungspotenziale bietet. Unter Berücksichtigung des anzustrebenden Prozessverständnisses bedarf es lackiertechnischer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten mit vielfältigen Zielen.

Neue bzw. verbesserte Produktqualitäten, höhere Beschichtungswirkungsgrade, schnellere Teiledurchlaufzeiten, Energie- und Materialeinsparung etc. – all dies ist richtungsweisend für kompakte Anlagen mit deutlich reduziertem Flächenbedarf, integrierte Beschichtungsprozesse, Online-Überwachungs- und Steuerungssysteme sowie objektive Prüfmethoden. Wenn es um die »Digitale Fabrik« geht, wird zunehmend die Modellierung und numerische Simulation der Lackierprozesse und -anlagen an Bedeutung erlangen.

Mit der Lösung dieser Problemkreise beschäftigt sich das Fraunhofer IPA seit über 30 Jahren durch Forschung und Beratung. Die Vielfalt der anwendungsorientierten Aufgabenstellungen wird an einigen Beispielen deutlich:

- Konzipierung und Planung effizienter Lackierprozesse: Einsatz der rechnergestützten Methode CoaTway® sowie produktionsgerechte Tests der Verfahren und Anlagenkomponenten
- Untersuchung von Lackierbetrieben zur Rationalisierung, Qualitätsverbesserung und Ressourcenschonung: die kontinuierliche Optimierung eines Lackierbetriebs ist die Basis zur Erhaltung seiner Wettbewerbsfähigkeit
- Weiterentwicklung von Beschichtungsverfahren für Flüssig- und Pulverlacke: der Einsatz von neuen Messtechniken ermöglicht hierbei reproduzierbare Vorgehensweisen
- Untersuchungen zur produktionsgerechten Nanomaterialbeschichtung mit ausgeprägten Eigenschaftsprofilen, z. B. Easy-to-Clean-Oberfläche, hohe Kratzfestigkeit, hoher Korrosionsschutz
- Entwicklung der pistolenlosen Hochgeschwindigkeitsabscheidung von Beschichtungspulvern
- Modellbildung und numerische Simulationsrechnung von Beschichtungs- und Schichttrocknungsprozessen sowie der Strömungen in Lackier- und Trocknungsanlagen, z. B. Vorherbestimmung der Schichtdickenverteilung beim elektrostatischen Sprühen
- Kontinuierliche Erfassung der Lackparameter beim Elektrotauchlackieren mit dem Ziel der automatisierten Prozessregelung
- Qualitätskontrolle als Voraussetzung lackiertechnischer Planungen u. a. Bauteile- und Lackschichtprüfungen, Lackverträglichkeitstests, Funktionsprüfungen an Lackiergeräten, Lackierfehler- und Schadensanalysen; Entwicklung objektiver Prüfmethoden
- Individuell abgestimmte Personalschulungen zur Beherrschung moderner Lackierprozesse

Bauteilgerechte Reinigung durch Unterstützung von Simulationsverfahren

Ausgangssituation

Die Fertigungskette hochwertiger Produkte ist häufig an mehreren Stellen mit Reinigungsschritten belegt. In der industriellen Fertigung finden vor allem Reinigungsverfahren zur Beseitigung von anhaftenden Spänen und Schmutz oder von funktionellen Schichten wie etwa Öl- und Fettfilmen eine intensive Anwendung. Neben berührenden Verfahren wie z. B. der Bürstenreinigung werden auch Verfahren eingesetzt, bei denen das Reinigungsmedium in Form eines Spritz- bzw. Sprühstrahls auf die zu reinigende Oberfläche einwirkt. Beispiele hierfür sind die Sprüh- und Dampfstrahlreinigung sowie die Spritzentfettung. Hierbei hängt die Reinigungswirkung neben dem eigentlichen Sprühmedium in entscheidendem Maße von den Prozessparametern wie z. B. der geometrischen Form und der kinetischen Energie des Spritzstrahls, dem momentanen Auftreffwinkel sowie der Einwirkungsdauer bzw. der Relativgeschwindigkeit zwischen Spritzstrahl und Werkstück ab.

Derzeit existieren auf dem Markt verschiedene statische Einkammer-Reinigungsanlagen und dynamische Durchlaufreinigungssysteme, die sich durch eine relativ starre Anordnung der einzelnen Düsen auszeichnen. In solchen Anlagen verbleiben die Werkstücke aufgrund empirischer Erfahrungswerte so lange, bis auch die entlegensten Bohrungen und Bauteilhinterschneidungen vollständig gereinigt sind – häufig 20 bis 30 Minuten. Mit diesem Vorgehen sind nicht nur hohe Bearbeitungszeiten und unflexible Fertigungskonzepte sondern auch beträchtliche Energie- und Reinigungsmittelverbräuche sowie teilweise hohe Entsorgungskosten der Reinigungsmedien verbunden.

Im Gegensatz zum aktuellen Stand der Technik beinhalten die Konzepte zukünftiger Reinigungsmaschinen aufwändige Kinematikmodule (Bild 1), mit denen die Bauteile und Düsen auf komplexen Relativbahnen zueinander geführt und die Düsen zudem einzeln angesteuert werden. Dabei soll der Anwender nicht nur Eingriffsmöglichkeiten in Bezug auf die Bahnführung, sondern auch auf den zeitlichen Ablauf sowie die wesentlichen Prozessparameter erhalten. Die industrielle Anwendung solcher Hightech-Reinigungsanlagen ist allerdings aufgrund der bisher fehlenden Planungshilfen, Softwarewerkzeuge und Mensch-Maschine-Schnittstellen stark gehemmt. Ein weiteres, innovatives Feld der industriellen Reinigung ist die CO_2-Reinigung ganzer Bauteiloberflächen. Bild 2 zeigt hierzu eine prototypische Anwendung, bei der eine Düsenbatterie von einem Roboter über die zu reinigende Kontur geführt wird. Allerdings sind hierfür zur späteren industriellen Umsetzung und bauteilgerechten Bahnführung ebenfalls geeignete Planungshilfen und Simulationswerkzeuge erforderlich.

Vor diesem Hintergrund wird von der Abteilung Lackiertechnik des Fraunhofer IPA in Kooperation mit dem Universitätsinstitut IFF sowie einem Hersteller von Reinigungsmaschinen ein zweijähriges AiF-Forschungsprojekt seit Oktober 2007 bearbeitet.

Zielsetzung und Nutzen

Bei 3-D-Werkstücken wie z. B. Motorblöcken, Getriebegehäusen oder ganzen Automobilkarossen variieren die Prozessbedingungen während der Reinigung stark über die Oberfläche, sodass es für den Anwender schwierig ist, optimale Bahnführungen und Einstellungen der Prozessparameter festzulegen. Insbesondere bei komplexen 3-D-Reinigungsprozessen erscheint es daher vielversprechend, Computersimulationsverfahren als Werkzeug zur Optimierung der Prozessauslegung einzusetzen.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung neuartiger, simulationsgestützter Kinematikmodule für Reinigungsmaschinen. Dabei soll eine problemangepasste Simulations- und Steuersoftware eine weitgehend automatische und bauteilgerechte Prozessführung der Spritzreinigung ermöglichen. Ein wesentlicher Schwerpunkt der Forschungsarbeiten liegt auf der automatischen Generierung technisch möglicher, von der jeweiligen Maschine abhängiger Bewegungsabläufe sowie der automatischen Einstellung der oben beschriebenen Prozessparameter.

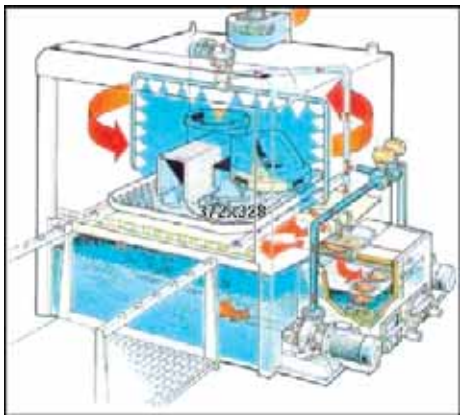


Bild 1 Konzept mit rotierenden Düsenbatterien (Quelle: Aquaclean).

Bild 2 Robotergeführte CO_2-Reinigung von Fahrzeugoberflächen.

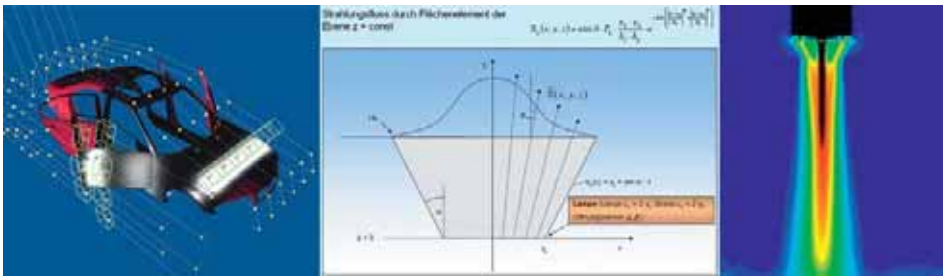


Bild 3 Prozesssimulation der UV-Bestrahlung und Strömungssimulation eines Sprühstrahls.

Der Hauptnutzen der bauteilgerechten Prozessführung bei der Spritzreinigung liegt in der effizienten Bauteilreinigung, der flexiblen Taktzeitgestaltung sowie in dem erheblichen Einsparpotenzial an Ressourcen, Material, Entsorgungskosten und Energie.

Projektbeschreibung

Zur Erreichung der obigen Zielsetzung entwickelt der Industriepartner neue Antriebe, Kinematikmodule sowie Reinigungsdüsen, die abschließend in einem Prototyp umgesetzt werden. Bei der Erstellung der Simulationsmodelle kann das Institut auf die langjährigen Erfahrungen in der Entwicklung von Simulationsprogrammen für die industrielle Lackiertechnik zurückgreifen. In dem Projekt ist daher vorgesehen, die bereits entwickelten und am Markt verfügbaren Software-Tools zur Simulation des pneumatischen Lackauftrags sowie der Lackhärtung mit UV-Strahlung (Bild 3) an die hier gestellte Aufgabenstellung der Spritzreinigung anzupassen. Mit dem vereinfachten, aber sehr schnell zu berechnenden Modell soll in jedem Raumpunkt des Reinigungsstrahls der lokale Massenfluss sowie die lokale Geschwindigkeit ermittelt werden. Hieraus kann anschließend für beliebige Bauteilverschneidungen der Impuls an der Werkstückoberfläche berechnet und mit der experimentell bestimmten Reinigungswirkung korreliert werden.

Bild 4 zeigt schematisch die einzelnen Arbeitspakete und Entwicklungsmodule sowie deren Zusammenführung in einer neuen Generation von Reinigungsmaschinen.

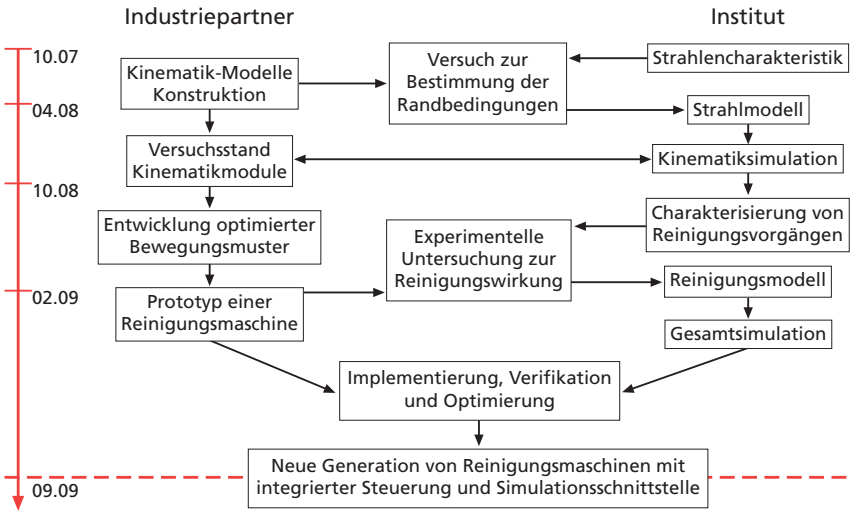


Bild 4 Arbeitspakete und Zeitschiene des Forschungsvorhabens.

Produktionsgerechte Spritzprozesse für Nanobeschichtungen

Ausgangssituation

Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts »MULTIPROTECT« (advanced environmentally friendly multifunctional corrosion protection by nanotechnology) entwickelt derzeit ein Konsortium aus 13 europäischen Ländern schwermetallfreie, multifunktionale und korrosionsschützende Beschichtungen auf der Basis von Nanokompositen.

Die nanoskaligen Beschichtungen werden schwerpunktmäßig für Teile aus Aluminium, Magnesium und Stahl der europäischen Luftfahrtindustrie ausgelegt. Die hohen Schichtanforderungen umfassen neben dem Korrosionsschutz vor allem hohe Verschleißfestigkeit und Selbstheilungseffekte.

In diesem Verbundvorhaben werden auch Sol-Gel-Materialien entwickelt, für die das Fraunhofer IPA produktionsgerechte, definierte Beschichtungsprozesse (Schwerpunkt Spritzverfahren) erarbeitet. Erste Zwischenergebnisse aus den applikationstechnischen Untersuchungen werden im Folgenden vorgestellt.

Projektbeschreibung

Verschiedene neuentwickelte Sol-Gel-Materialien sind bezüglich Stabilität des Applikationsprozesses und Schichtqualität untersucht worden, z. B. epoxi- oder methacrylatmodifizierte SiO_2-Netzwerke, die mit CeO_2- oder ZrO_2- Nanopartikeln dotiert sind.

Als Substratwerkstoff für die aktuellen Beschichtungsversuche wurde eine Aluminiumlegierung aus der Flugzeugindustrie verwendet (AA 2024). Die Versuchsbleche sind mit einem mehrstufigen Originalverfahren aus der Teileproduktion gereinigt und gebeizt worden.

Mit diesen Materialien führte das Fraunhofer IPA bei definierten Betriebsbedingungen (Automobilmaßstab) praxisnahe Beschichtungsversuche durch. Die Untersuchungen beinhalteten besondere Herausforderungen, da das noch weitgehend unbekannte Verhalten der Sol-Gel-Materialien in produktionstechnischen Anlagen nicht ohne weiteres aus bekannten Verhaltensweisen von in der Konsistenz ähnlichen Lacken abgeleitet werden kann.

Die Betriebsparameter der eingesetzten Pneumatik-Spritzpistolen wurden hinsichtlich der empfohlenen bzw. erforderlichen Schichtdicken und des Erscheinungsbildes der Beschichtung optimiert. Die Applikation erfolgte robotergeführt, alternativ auch manuell bei Materialversorgung über Zahnradpumpe bzw. Fließbecher.

Schnelle Aussagen zur Prozess-Stabilität und Schichtqualität werden mit sogenannten »First Checks« erzielt, die auf praxisorientierten, teilweise am Fraunhofer IPA entwickelten Methoden basieren:

- Verträglichkeit der Sol-Gel-Materialien mit anlagentechnischen Materialien, z. B. Schmiermittel, Dichtungen sowie mit dem Applikationsbetrieb, z. B. bezüglich Scher- und Temperaturbeanspruchungen
- Eigenschaften der flüssigen Beschichtung, z. B. Benetzungsverhalten

»First-Check-Kriterien«	Positive Aussagen	Schwachstellen/ Optimierungsbedarf
Erscheinungsbild (visuell)	In Einzelfällen Beschichtung ohne sichtbare Störungen erreichbar	Einzelne bis zahlreiche, punktuelle Störungen bei den meisten Anwendungen
Erscheinungsbild (mikroskopisch)	In Einzelfällen nur unbedeutende Störungen erkennbar	Optimierungsansätze hauptsächlich hinsichtlich der Vermeidung von Gelpartikelbildungen (Bild 2)
Schichtdicken-toleranz bezüglich Einhaltung der Schichtfunktion	Überwiegend ausreichend für produktionsgerechte Beschichtungen; insgesamt liegen die empfohlenen Schichtdickenbereiche zwischen ca. 5 und 15 µm	Teilweise größere Toleranz erforderlich zur Vermeidung von Schichtstörungen und -enthaftungen, v. a. bei größeren Schichtdicken
Trocknungs- und Härtungs-verhalten	Aushärtung der Beschichtungen bei Einhaltung der empfohlenen Bedingungen erreichbar; Möglichkeit des Nass-in-Nass-Auftrags	- - - (wünschenswert wäre eine Verkürzung der Härtungszeiten, teilweise beträgt die Aushärtungszeit bis zu 2 h)
Haftfestigkeit	Gute Haftfestigkeit (Gt 0) bei Einhaltung bestimmter Schichtdicken	- - -
Überlackierbarkeit (mit repräs. Primer)	Teilweise bereits positive Ergebnisse (Haftfestigkeit Gt 0)	Teilweise noch Abstimmungsbedarf bei der Materialformulierung

Bild 1 Ergebnisse der Beschichtungsversuche.

- Eigenschaften der ausgehärteten Beschichtung, z. B. Erscheinungsbild, Schichtdickentoleranz.

Ergebnisse

Die bisherigen Beschichtungsversuche zeigen hinsichtlich der oben genannten Kriterien bereits positive Ergebnisse.

Beispielhafte Aussagen zu den erzielten ausgehärteten Beschichtungen sind in der Tabelle (s. Bild 1) zusammengefasst. Der hauptsächliche Optimierungsbedarf besteht demnach in der Beseitigung punktueller Schichtstörungen, die unmittelbar nach dem Spritzauftrag und/oder während der Schichttrocknung entstehen. Grundsätzlich von hoher Bedeutung ist dabei ein ausreichend großer Schichtdickenbereich, in dem die geforderten funktionellen Schichteigenschaften erfüllt werden und der mit applikationstechnischen Verfahren unter Produktionsbedingungen eingehalten werden kann.

Modifikationen bzw. Weiterentwicklungen der untersuchten Sol-Gel-Materialien sowie die Klärung prozess- und anlagentechnischer Fragen sind somit erforderlich; entsprechende Aktivitäten sind bereits eingeleitet.

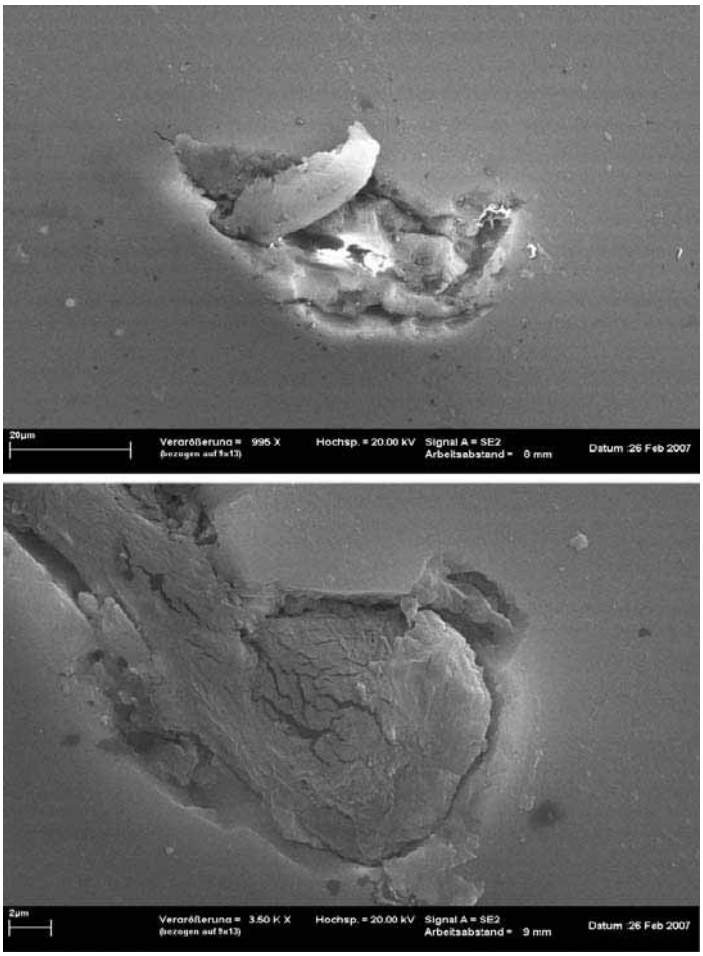


Bild 2 Beispiel zur punktuellen Bildung von Gelpartikeln (nach REM-Analyse: identische Inhaltsstoffe mit dem Beschichtungsmaterial).

Schnelle Aufschmelz- und Vernetzungsprozesse für kompakte Pulverbeschichtungsanlagen

Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Kleinere Losgrößen, die zunehmende Farbtonvielfalt sowie steigende Qualitätsanforderungen und Betriebskosten machen die Grenzen der herkömmlichen Pulverbeschichtungsanlagen immer deutlicher. Gefragt sind heute hochqualitative Pulverbeschichtungen bei gleichzeitig kürzeren Prozesszeiten, schnellere Pulver- bzw. Teilewechsel, Einsparungen beim Material- und Energieverbrauch sowie platzsparende Beschichtungszonen, die sich leichter in den Fertigungsfluss integrieren lassen.

Vor diesem Hintergrund wurde am Fraunhofer IPA im Rahmen von öffentlich geförderten FuE-Vorhaben die pistolenlose TransApp®-Technik entwickelt, mit der sich extrem kompakte Pulverapplikations- und Rückgewinnungsanlagen insbesondere für flächige Substrate wie Coils, zugeschnittene Platinen, Trapez- und Wellblech, Holzwerkstoffplatten, Flachglas etc. gestalten lassen (Jahresbericht 2006, S. 120 – 123).

Bei Bedarf lassen sich Durchlaufgeschwindigkeiten bis über 150 m/min erzielen. Mit Sprühpistolen ist eine prozesssichere Pulverapplikation nur bis etwa 20 m/min möglich.

Die schnelle Applikation des Pulverlacks erfordert auch ein schnelles Aufschmelzen und Vernetzen der Pulverschicht. Die in Verbindung mit herkömmlichen Umluftöfen üblichen Einbrennzeiten im Bereich von über 10 Minuten stehen jedoch im Widerspruch zu einer möglichst kompakten Einbrennzone. Erforderlich ist eine um ein vielfaches höhere Wärmeübertragungsleistung als in Umluftöfen, so dass Aufschmelz- und Vernetzungszeiten im Bereich von unter einer Minute erreichbar sind.

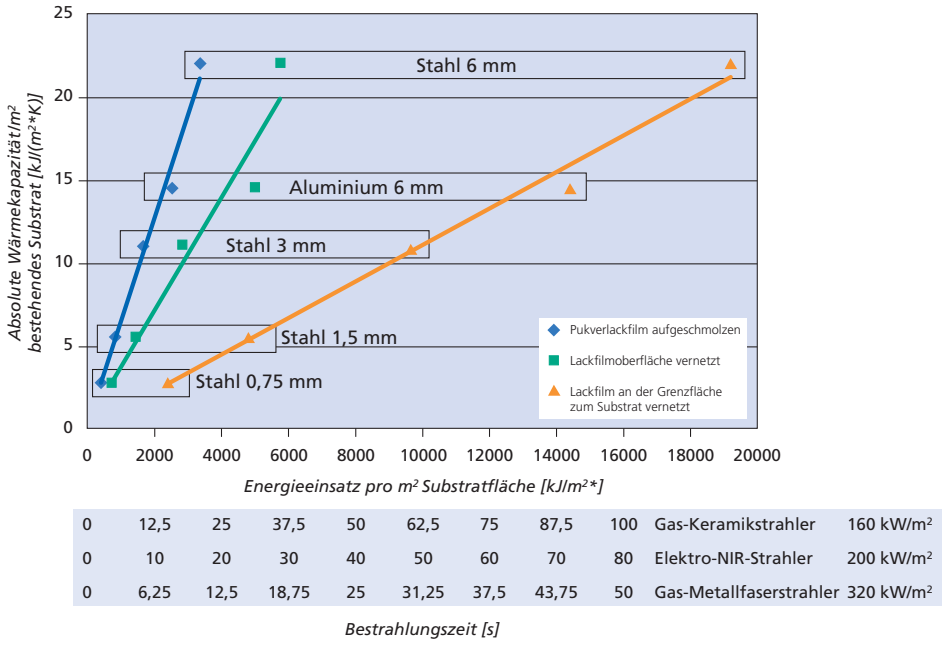


Bild 1 Energieeinsatz (in kJ pro m² Substratoberfläche) und Bestrahlungszeit bis zur vollständigen Vernetzung eines thermisch härtenden Pulverlacks (dunkler Farbton) auf hoch wärmeleitfähigen Substraten (Stahl, Aluminium) bei verschiedenen Infrarot-Strahlersystemen.

Projektbeschreibung

Im Fraunhofer IPA Technikum steht ein Instrumentarium zur Verfügung, mit dem kundenspezifisch schnelle Einbrennprozesse mittels kurz- und mittelwelliger elektrischer und gasbetriebener Infrarotstrahler mit hoher Leistungsdichte entwickelt werden. Dabei kommen nicht nur thermisch härtende, sondern auch durch UV-Strahlen härtende Pulverlacke zum Einsatz. Die Infrarot-Strahlung dient bei UV-Systemen lediglich zum Aufschmelzen der Pulverlackschicht, die Vernetzung erfolgt in der anschließenden UV-Strahlerzone.

Die Strahlungsleistung nimmt proportional zur strahlenden Oberfläche und zur 4. Potenz der Strahlertemperatur zu. Bei den gasbetriebenen Infrarotstrahlern wird die hohe Leistung über die große Strahleroberfläche erzielt, wobei die Strahlertemperatur verhältnismäßig gering ist (bis 1450 °C). Bei den elektrischen Infrarotstrahlern ist die Oberfläche der strahlenden Röhren verhältnismäßig klein, die hohe Leistung wird hier über sehr hohe Strahlertemperaturen (bis über 3000 °C) erzielt. Ein mit der geringeren Strahlertemperatur verbundener Vorteil der Gas-Infrarotstrahler ist die geringere Gefahr von thermischen Schädigungen der Lackschicht. Zudem wird die Wärmeübertragung weniger stark vom spektralen Absorptions-, Transmissions- und Reflexionsverhalten des jeweiligen Pulverlackmaterials und Substrates beeinflusst als bei den elektrischen IR-Strahlern. Zum einen ist dies darauf zurückzuführen, dass die abgestrahlte Leistung gleichmäßiger über das Wellenlängenspektrum verteilt ist, zum anderen bewirkt das aus den Gasstrahlern ausströmende heiße Verbrennungsgas (Temperaturen bis zu 1100 °C), dass ein erheblicher Anteil der Wärmeübertragung durch Konvektion erfolgt. Für Gas sprechen zudem die geringeren Energiekosten.

Elektrische Infrarotstrahler zeichnen sich vor allem durch einen größeren Regelbereich und ein schnelleres Regelverhalten sowie durch eine einfacher zu handhabende Anlagentechnik aus.

Ergebnisse

Bei der IR-Bestrahlung metallischer Substrate wird die Oberfläche der Pulverlackschicht innerhalb weniger Sekunden aufgeschmolzen, die Wärme fließt aber aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit so schnell in das Substrat ab, dass die zur vollständigen Vernetzung bzw. zur ausreichenden Haftung erforderliche Temperatur (z. B. 200 °C) erst dann auch im Grenzbereich zwischen Pulverlackschicht und Substratoberfläche erreicht wird, wenn das Substrat nahezu vollständig durchwärmt ist. Bei metallischen Substraten wirken sich daher die spezifische Wärmekapazität sowie die Substratdicke signifikant auf den erforderlichen Energieeinsatz bzw. die erforderliche Bestrahlungszeit aus (Bild 1). Diese ist bei gleichen Substraten näherungsweise umgekehrt proportional zur Leistungsdichte der Infrarot-Strahler, d. h. aus einer verdoppelten Leistungsdichte resultiert eine Halbierung der erforderlichen Bestrahlungszeit. Die Versuche am Fraunhofer IPA zeigen, dass die bei hohen Materialstärken erforderliche lange Bestrahlungszeit zu thermischen Schädigungen der Lackfilmoberfläche führen kann. Dies gilt insbesondere für helle Farbtöne in Verbindung mit kurzwelligen elektrischen Infrarotstrahlern. Augrund starker Strahlungsreflexionen können sich kritisch lange Bestrahlungszeiten ergeben. Mögliche Lösungen stellen das Bestrahlen der Bauteile-Rückseite oder die beidseitige Bestrahlung dar. Die erforderliche Einbrennenergie ist gegenüber der einseitigen Bestrahlung nur unwesentlich höher.

Bild 2 zeigt am Beispiel der Pulverbeschichtung von handelsüblichem Aluminium-Wellblech (0,75 mm, 40 mm Höhe), welche Reduzierungspotenziale bei der Aufschmelz- und Vernetzungszeit durch den Einsatz von Infrarot-Strahlungssystemen in Verbindung mit thermisch härtenden Pulverlacken bzw. UV-härtenden Pulverlacken bestehen. Mit gasbetriebenen Infrarot-Keramikstrahlern lassen sich thermisch härtende Pulverlacke in ca. 45 s aufschmelzen und vernetzen, ohne dass Beschichtungsqualitätseinbußen gegenüber der Konvektionshärtung auftreten. UV-Pulverlacke werden mittels der Keramikstrahler in 8–10 s auf 120–130 °C erwärmt (Aufschmelzphase). Die anschließende UV-Vernetzung erfolgt innerhalb einer Bestrahlungszeit von ca. 5 s.

Diese Versuche zeigen, dass sich bei den Wellblechsubstraten bereits durch die Umstellung von Konvektions- auf Infrarot-Härtung nahezu zwei Drittel an Einbrennzonenlänge einsparen lassen. Beim Einsatz von UV-härtendem Pulverlack ist der Platzgewinn noch erheblich größer, nachteilig sind hier vor allem der hohe Pulvermaterialpreis sowie die Grenzen bezüglich der Farbton- und Effektvielfalt bzw. hinsichtlich hoher Schichtdicken.

Bei der IR-Bestrahlung gering wärmeleitfähiger Substrate, wie beispielsweise Holzwerkstoffplatten, schmilzt die Pulverlackschicht ebenfalls innerhalb weniger Sekunden auf. Aufgrund der sehr geringen Wärmeableitung in das Substratinnere erreicht dabei auch der Grenzbereich zwischen Pulverlackschicht und Substratoberfläche schnell die zur vollständigen Vernetzung erforderliche Temperatur. Der Substratkern wird während der kurzen Bestrahlungszeit zwar nur um wenige C° aufgeheizt, bei einer zu starken Erwärmung der Plattenoberfläche besteht aber die Gefahr der Verformung und des Auftretens von Lackfilmstörungen durch Ausgasungen. Dies gilt insbesondere für konventionelle thermisch härtende Pulverlacke, die Einbrenntemperaturen bis zu 200 °C erfordern. Versuche zum schnellen Einbrennen thermisch härtender Niedertemperaturpulver haben allerdings gezeigt, dass sich deren

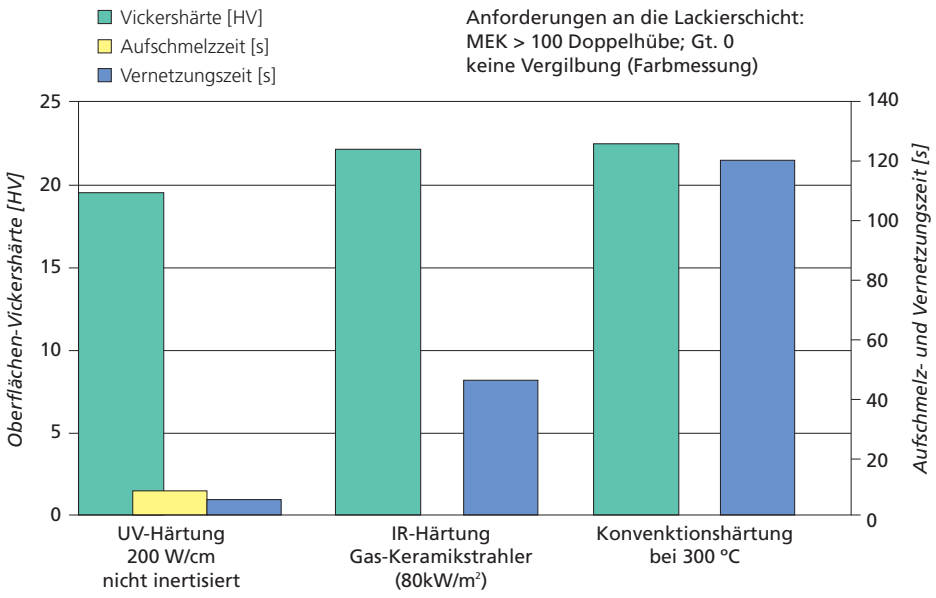


Bild 2 Beispiel für Reduzierungspotenziale bei der Aufschmelz- und Vernetzungszeit durch den Einsatz von Infrarot-Strahlungssystemen in Verbindung mit thermisch härtenden Pulverlacken bzw. UV-härtenden Pulverlacken; Substrat: Aluminium-Wellblech, 0,75 mm.

hohe Reaktivität in Verbindung mit der Infrarotbestrahlung kontraproduktiv hinsichtlich der Beschichtungsqualität auswirkt. Dies äußert sich unter anderem in einer vorzeitigen Vernetzung der Lackfilmoberfläche. Eine weitere Entgasung der Lackschicht wird dadurch verhindert.

Daher erscheinen UV-härtende Pulverlacke für die schnelle Pulverbeschichtung von thermisch empfindlichen Substraten besonders attraktiv, da der Aufschmelz- und Vernetzungsprozess bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen im Bereich von 120 °C und mit kurzen Prozesszeiten ablaufen kann. Bild 3 zeigt das Schema einer pistolenlosen Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtungslinie für MDF-Platten, in der UV-härtende Pulverlacke verarbeitet werden. Die bei Standard-MDF-Platten meist zu geringe und inhomogene elektrische Leitfähigkeit ist auch bei der Pulverapplikation mittels des elektrostatischen Fluidisierbettes kritisch. Eine technisch gut umsetzbare Möglichkeit zur Erzielung der elektrostatischen Beschichtbarkeit ist das Erwärmen der Plattenrückseiten auf ca. 100 °C mittels Infrarotstrahlern. Die vorgewärmten Platten werden zur Beschichtung über das elektrostatische Fluidisierbett geführt (z. B. mittels Saughebertechnik), anschließend gewendet und mit der pulverbeschichteten Seite nach oben auf die Rollenbahn der IR-Aufschmelz- und UV-Vernetzungszone übergeben.

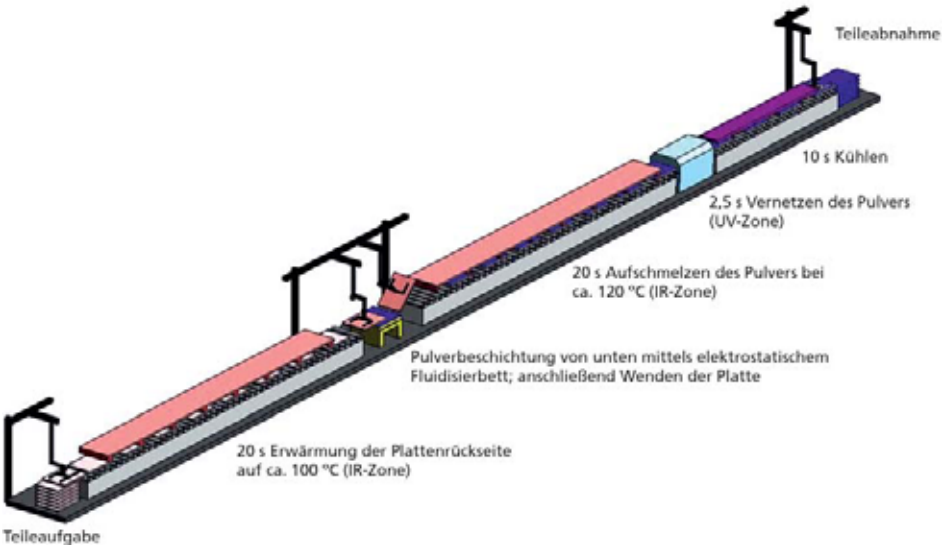


Bild 3 Schema einer pistolenlosen Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtungslinie für MDF-Platten (einseitige Beschichtung mit UV-Pulver); Durchlaufgeschwindigkeit 1 m/s; Anlagen-Gesamtlänge ca. 70 m.

Bei der Entwicklung dieses Prozessablaufs erwiesen sich gasbetriebene Keramik-Hellstrahler als optimal sowohl zum Vorwärmen der Platten als auch zum Aufschmelzen der Pulverlackschicht. Diese Strahler ermöglichen mit einer auf ca. 50 kW/m² gedrosselten Leistungsdichte eine schonende Erwärmung auch dünner Platten (z. B. 8 mm HDF-Platten), ohne dass dabei die Gefahr des Durchbiegens besteht.

Schichttechnik

Die galvanische Abscheidung von Schichten sowie das Erzeugen von ganzen Bauteilen mit derartigen Verfahren hat in den vergangenen Jahren einen deutlichen Trend hin zu Hochleistungstechnologien verzeichnet. Aspekte wie Maßhaltigkeit, Präzisionsbeschichtung und Hochgeschwindigkeitsabscheidung treten einerseits in den Vordergrund, andererseits werden auch die vom Anwender geforderten Eigenschaftsprofile immer komplexer und vielfältiger. Die galvanische Abscheidung bietet hierbei eine Vielzahl von Möglichkeiten zum Aufbau multifunktioneller Schichten, was sowohl die Hersteller der Schichtsysteme als auch die Anwender immer deutlicher umsetzen. Darüber hinaus bieten die Verfahren auch die Möglichkeit, einen modularen Werkstoffaufbau darzustellen. Die vielfältigen Möglichkeiten der Dispersionsabscheidung sind hierfür ein augenfälliges Beispiel, bei dieser Verfahrensweise werden in die galvanisch erzeugte Metallmatrix Feststoffpartikel eingebaut, die das Eigenschaftsspektrum noch wesentlich erweitern. Speziell durch die Verfügbarkeit von nanoskaligen Partikeln ergeben sich hierbei völlig neuartige Schichteigenschaften.

Die vom Anwender geforderten Eigenschaftsprofile erfordern dabei maßgeschneiderte und teileweise speziell entwickelte Verfahren, die auch oftmals Eingriffe in Anlagentechnologie oder sogar völlig neuartige Anlagenformen notwendig machen. Nur so ist die Darstellung der Eigenschaften nicht nur im Kleinmaßstab im Labor, sondern auch unter industriellen Bedingungen reproduzierbar und prozesssicher möglich. Die Entwicklung von Verfahren und zugehöriger Anlagentechnik muss dabei für eine effiziente Umsetzung Hand in Hand erfolgen. Im Fokus der Schichttechnik des Fraunhofer IPA steht deshalb seit einigen Jahren, den Kunden die komplette Entwicklungskette von der Verfahrensentwicklung über Maßnahmen zur Prozessstabilität und Qualitätssicherung bis hin zur Anlagenkonzeptionierung und der Konstruktion von Schlüsselstellen darstellen zu können. Durch die konsequente Umsetzung dieser Philosophie hat sich für die Schichttechnik das Alleinstellungsmerkmal im Forschungsmarkt ergeben, der einzige Anbieter in dieser Breite und Durchgängigkeit für galvanische Verfahren zu sein. Die große Zahl an zufriedenen Stammkunden bestärkt uns in dem Willen, diese Ansätze konsequent weiter fortzuführen.

Prüfstand für galvanische Schichten und Beschichtungselektrolyte

Ausgangssituation

Die Anforderungen an galvanische Elektrolyte und die aus ihnen abgeschiedenen Schichten wachsen ständig, erschwerend muss meist von Anforderungsclustern ausgegangen werden. Zu optimieren sind z. B. die optischen Eigenschaften der Schicht wie der Glanzgrad oder mechanische Eigenschaften wie Härte und Verschleißbeständigkeit, bei gleichzeitig optimaler Schichtverteilung, minimalem Rohstoff- und Energieeinsatz und maximaler Prozesssicherheit.

Die Hilfsmittel zur Neuentwicklung oder Optimierung von Beschichtungsprozessen sind dabei kaum weiterentwickelt worden. Nach wie vor werden Arbeiten auf diesem Gebiet entweder mit einfachen Probegeometrien durchgeführt, z. B. mit Blechen in der Hull-zelle, mit nur eingeschränkter Übertragbarkeit auf Praxisbauteile oder es werden Versuche mit realen Teilen unternommen, die aufwändig und kostspielig sind. Die Ergebnisse beider Methoden sind schwer zu quantifizieren und sehr schwer zu vergleichen.

Aufgabe

Das Fraunhofer IPA hatte sich das Ziel gesetzt, einen Elektrolytprüfstand zu entwickeln, der es ermöglicht, Prozess- und Schichteigenschaften einfach und genau zu ermitteln. Der Kernpunkt des Prüfstands sollte dabei eine Beschichtungszelle mit standardisiertem Aufbau sein, die es erlaubt, praxisnahe und reproduzierbare Beschichtungen auf genau definierten Probekörpern durchführen zu können.

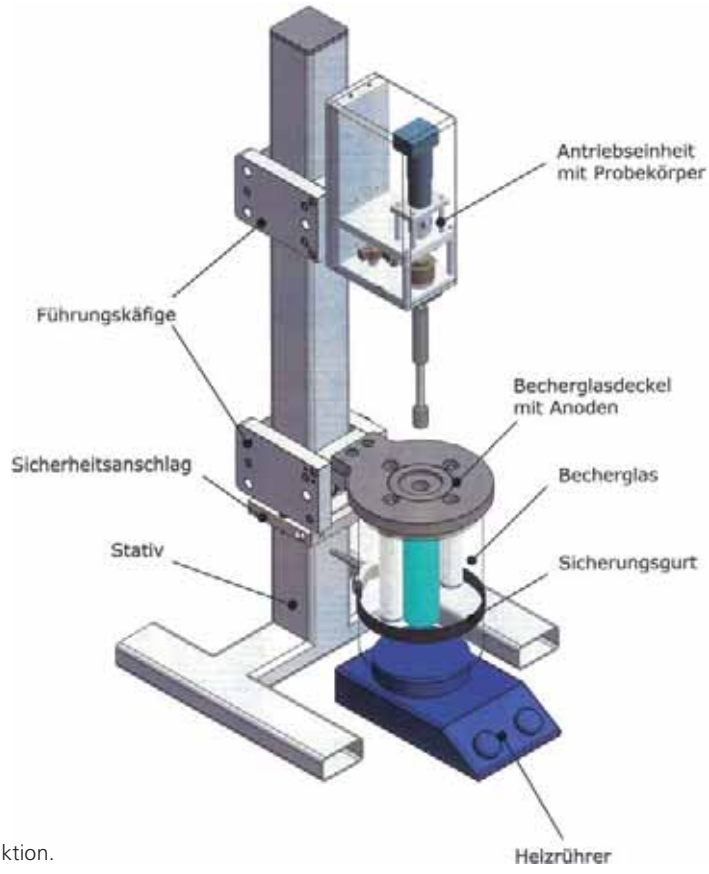


Bild 1
3-D-Konstruktion.

Bild 2 Ausgeführter Prüfstand.

Projektbeschreibung

Die nähere Analyse ergab als zentrale Anforderung an den Prüfstand, dass alle Parameter sowohl gezielt variiert als auch konstant gehalten werden sollten. Es handelt sich dabei um folgende Größen:

- Temperatur
- Elektrische Feldverteilung (lokale Stromdichte)
- Hydrodynamik (Stofftransportbedingungen)
- Chemische Zusammensetzung (Metallsalze, Hilfsstoffe, Störstoffe)
- Anodenmaterial

Unter Berücksichtigung von weiteren praktischen und versuchstechnischen Gesichtpunkten leiteten sich folgende Einzelanforderungen ab:

- Freie Temperierbarkeit
- Chemikalienbeständigkeit und einfache Beschaffbarkeit
- Optimales Verhältnis zwischen Elektrolytbelastung und -volumen

- Variable Auslegung mit verschiedenen Einsätzen und Probekörpern
- Nutzung von Anodenkörben
- Kompatibilität zu weiteren Einrichtungen, z. B. zur Messung der inneren Spannungen
- Erweiterungs- und Bauteilfähigkeit

Gelöst wurde diese Aufgabe durch Kombination von Standardgeräten mit elektrochemisch ausgelegten Probekörpern bzw. Einsätzen und einem robust konstruierten mechanischen Aufbau. Bild 1 und 2 zeigen einen kompletten Aufbau als 3-D-Konstruktion bzw. in ausgeführter Form.

Ergebnis

Der entwickelte Prüfstand erlaubt reproduzierbar die Beschichtung definierter und standardisierter Probekörper. Die relevanten Geometrien sind in Bild 3 dargestellt, es handelt sich um zwei Stiftgeometrien- und eine Profilgeometrie. Der Stift 1 kann mit einem definierten Stromdichtegradienten entsprechend der bekannten rotierenden Hullzelle beschichtet werden, auf Stift 2 kann dank elektrochemisch ausgelegter Blenden eine Schicht mit gleichmäßiger Stromdichte abgeschieden werden. Der Profilkörper vereinigt eine hohe Nähe zu Praxisbauteilen mit einem definierten Stromdichteverlauf bei kostengünstiger Herstellung. Besonders hervorzuheben ist, dass aufgrund der unter Drehung erfolgenden Beschichtung in jedem Fall die Einflüsse der Hydrodynamik mit untersucht werden können.

Durch die ebenfalls standardisierte Untersuchung der Beschichtungsergebnisse können sowohl galvanische Prozesse als auch Schichten sehr genau bewertet und verglichen werden. Der dargestellte Prüfstand erschließt damit eine neue Dimension in der Neuentwicklung und Optimierung galvanischer Elektrolyte und Beschichtungen.

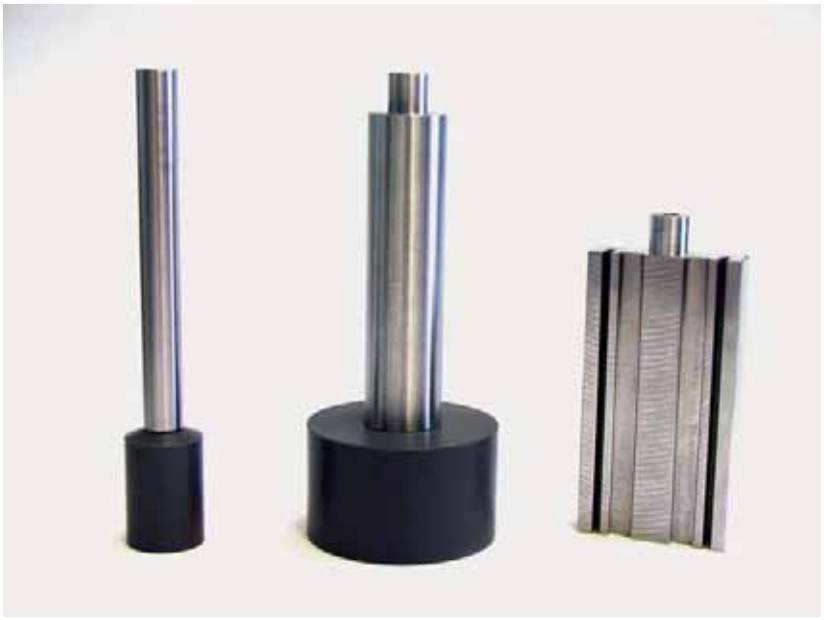


Bild 3 Probegeometrien.

Prüfverfahren für Tribokorrosion von Schichten in medizintechnischen Anwendungen

Ausgangssituation

Schichtwerkstoffe und Materialien werden bei Anwendungen in der Medizintechnik wie beispielsweise Implantaten durch wechselwirkende mechanische und elektrochemische Effekte stark belastet. Bisher werden diese Mechanismen separat mithilfe von tribologischen Verfahren und Korrosionsuntersuchungen geprüft.

Die Entwicklung von neuen Werkstoffen und Schichten, die eine hohe Beständigkeit gegen Korrosions- und Reibungsprozesse haben sollen, verlangt dagegen nach spezifischen Prüfmethoden, die das tatsächliche Belastungskollektiv abbilden. Dies können traditionelle Prüfverfahren nicht leisten. Die Entwicklung angepasster Oberflächen sowie die zugehörige Verfahrensentwicklung verlangt jedoch klare Vorgaben und quantifizierbare Messgrößen, um auf dieser Basis das ideale Ergebnis erzielen zu können.

Das Ziel der beschriebenen Arbeiten war es daher, ein kombiniertes Prüfverfahren für tribologische und korrosive Erscheinungen zu entwickeln.

Durchgeführte Entwicklung

Ansatz war die Kontrolle der elektrochemischen Parameter, um so verschiedene Umgebungsmedien zu simulieren und ihre Effekte auf das Material durch elektrochemische Methoden zu messen sowie das gleichzeitige Aufprägen einer kontrollierten tribologischen Belastung. Das Beanspruchungskolletiv des Tribolosystems (Grundkörper, Gegenkörper, Zwischenkörper und Umgebungsmedien) einerseits und die elektrochemischen Parameter andererseits sollten die variablen Einflussgrößen darstellen.

Das entwickelte System besteht aus drei wesentlichen Teilen: IPA-Tribotester, ein handelsüblicher Potentiostat/Galvanostat sowie als Kern die speziell entwickelte Messzelle STC (Bild 1). Der Tribotester kontrolliert die tribologischen Parameter, der Potentiostat/Galvanostat die elektrochemischen Parameter, in der Messzelle befindet sich sowohl eine Probe der zu prüfenden Oberflächen als auch die entsprechenden Umgebungsmedien. Die mechanischen- und elektrochemischen Belastungen werden also gleichzeitig aufgebracht und ihre Auswirkungen gemessen. Die Anwendung dieser Methode gestattet damit die Simulation der Belastung von Oberflächen, die in Relativbewegung arbeiten und gleichzeitig der Korrosion unterliegen, wie zum Beispiel medizinische Implantate, die im Fokus der Arbeiten standen. Weitere Anwendungen ergeben sich für chirurgische Geräte, lebensmittelverarbeitende Anlagen, Chemiepumpen, Nukleartechnik bis hin zur Schiffsschraube.

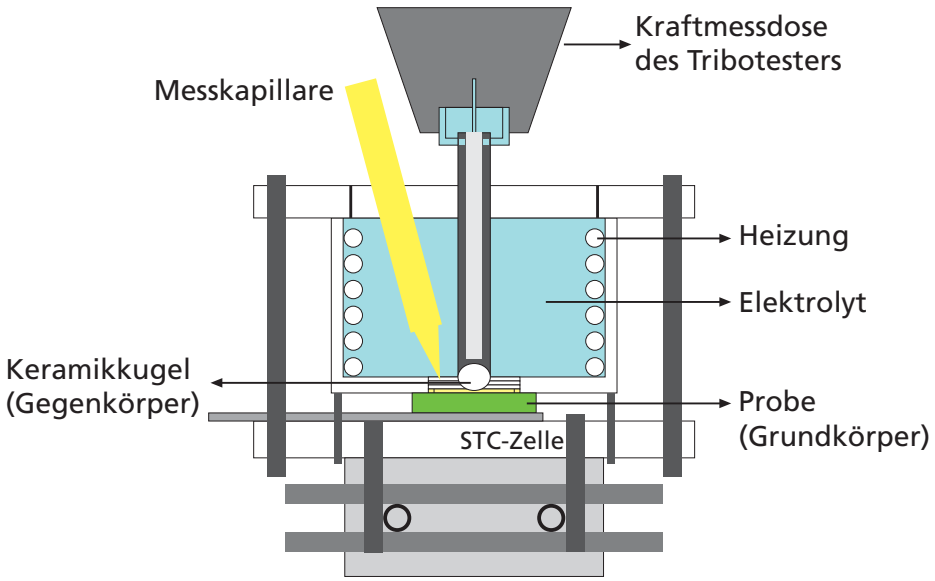


Bild 1 Die vom Fraunhofer IPA entwickelte TriboKorrosion-Zelle (STC).

Für die Entwicklung des Systems wurden keine beschichteten Oberflächen als Prüfkörper ausgewählt, sondern ein Edelstahl 1.4404. Dieser wurde durch potentiostatische und potentiodynamische Polarisation in einem Ringer'schen Elektrolyt (NaCl $CaCl_2$ und KCl in vorgegebenen Verhältnissen) bei kontrollierten pH-Werten und Temperaturen = 37 °C geprüft. Die potentiostatischen und potentiodynamischen Messungen wurden in einem Bereich von -1 V bis +0,3 V durchgeführt. Die mechanische Belastung bei der Tribokorrosionsuntersuchung erfolgte mit einer Kraft F = 8 N, einer Relativgeschwindigkeit von 1 mm/s auf einer Gesamtstrecke von 3,6 m. Hierbei wurde die Passivschicht kontinuierlich belastet, zerstört und wieder neu gebildet.

Die Effekte der Polarisation an der Oberfläche wurden durch die Bestimmung von Stromdichte und Reibungszahl analysiert und durch begleitende mikroskopische Untersuchungen charakterisiert.

Ergebnis

Ein Vergleich zwischen Stromdichte, Reibungszahl und Tiefe der Verschleißspur ist in Bild 2 dargestellt. Während die Stromdichte und die Tiefe der Verschleißspur mit steigendem Potenzial zunehmen, sinkt die Reibungszahl mit wachsendem Potenzial. Eine Zunahme der Stromdichte lässt sich auf den stattfindenden Korrosionsprozess zurückführen. Aufgrund des Korrosionsprozesses kommt es zu Poliereffekten auf der Oberfläche, was wiederum die Reibungszahl erniedrigt. Weiterhin wirken Korrosionsprodukte und Abriebpartikel im Tribokontakt bei höheren Potenzialen reibungsmindernd.

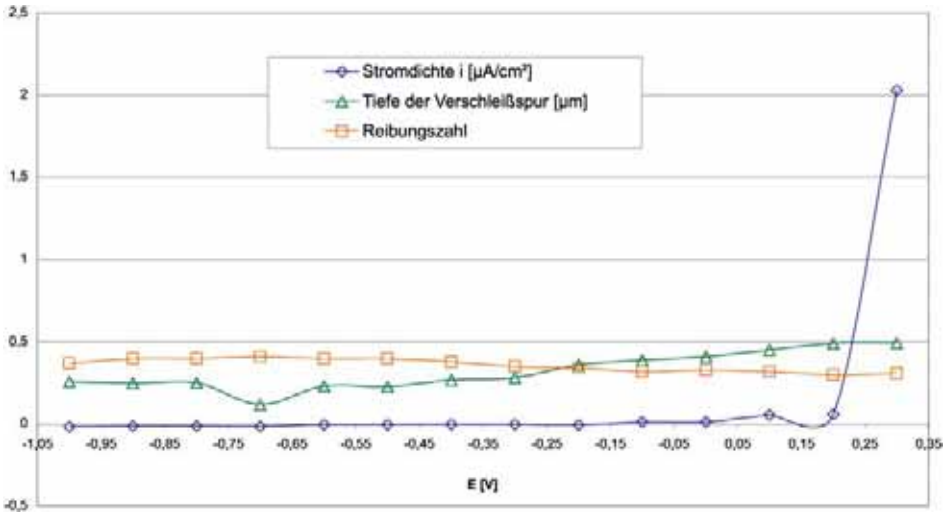


Bild 2 Vergleich zwischen Stromdichte, Reibungsanzahl und der Größe des Verschleißwegs.

In Bild 3 sind die potentiodynamische Stromdichte-Potenzial-Kurve und die dazugehörige mikroskopische Analyse für entsprechende Bereiche der Kurve dargestellt, so dass man den direkten Zusammenhang zwischen eingestelltem Potenzial und der sich ausbildenden Oberfläche unter tribologischer Belastung verfolgen kann. Das Potenzial wurde von -1 V auf +0,3 V mit einer Rastergeschwindigkeit von 0,36 mV/s erhöht. Die mechanische Belastung erfolgte wie oben beschrieben.

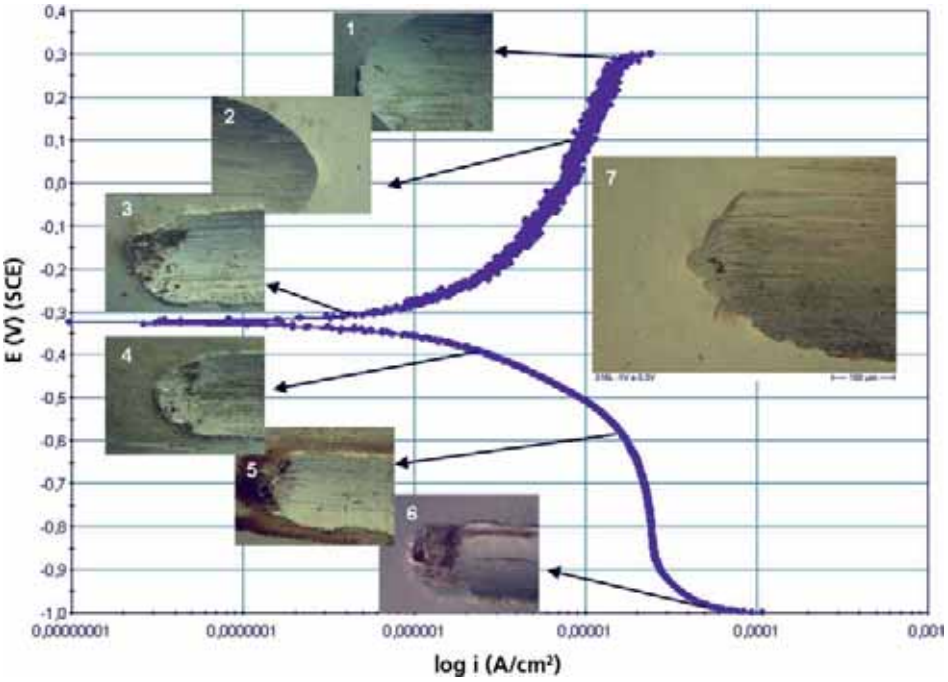


Bild 3 Potentiodynamische Stromdichte-Potenzial-Kurve am Beispiel von Edelstahl 1.4404.

Fazit

Das neu entwickelte Prüfsystem ermöglicht die reproduzierbare und quantifizierbare Prüfung von tribologischen und korrosiven Effekten in Kombination. Es unterstützt damit einerseits die Aufdeckung von bisher nicht nachvollziehbaren Phänomenen der Tribokorrosion und ermöglicht andererseits vor allem die zielgerichtete Entwicklung neuartiger Oberflächen.

Fraunhofer-Projektgruppe für Produktions- und Logistikmanagement PPL

Mit der Fraunhofer-Projektgruppe für Produktions- und Logistikmanagement PPL in Wien wurde Ende 2004 die erste Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft in Österreich eröffnet. Als Außenstelle des Fraunhofer IPA unter der Leitung von Prof. Wilfried Sihn und Daniel Palm arbeiten mittlerweile 19 Mitarbeiter in der österreichischen Hauptstadt. Über Wilfried Sihn, der gleichzeitig die Professur für Betriebstechnik und Systemplanung am Institut für Managementwissenschaften inne hat, besteht eine enge Kooperation mit der Technischen Universität Wien.

Inhaltlicher Schwerpunkt der Fraunhofer PPL ist die Gestaltung und Wertschöpfungsoptimierung von Produktionsnetzwerken, insbesondere das Zusammenspiel von Produktionsstandorten und deren logistische Prozesse. Wie funktioniert die Zusammenarbeit zwischen Hoch- und Niedriglohnstandorten? Wie können Prozesse und Standorte so gestaltet werden, dass sie international wettbewerbsfähig sind? Wie können die Stärken der unterschiedlichen Regionen genutzt, Kernkompetenzen identifiziert und ausgebaut, das unternehmensinterne und -übergreifende Netzwerk bestmöglich aufeinander abgestimmt werden? Lösungen für diese Fragestellungen werden insbesondere am Standort der PPL, in der Region CENTROPE im Vierländereck Österreich, Tschechien, Slowakei und Ungarn benötigt. Die Region an der Nahtstelle zwischen alten und neuen EU-Staaten weist einerseits die höchste Wachstumsrate in der gesamten EU auf, andererseits treffen nirgends auf so engem Raum unterschiedliche Kulturen und Standortfaktoren aufeinander.

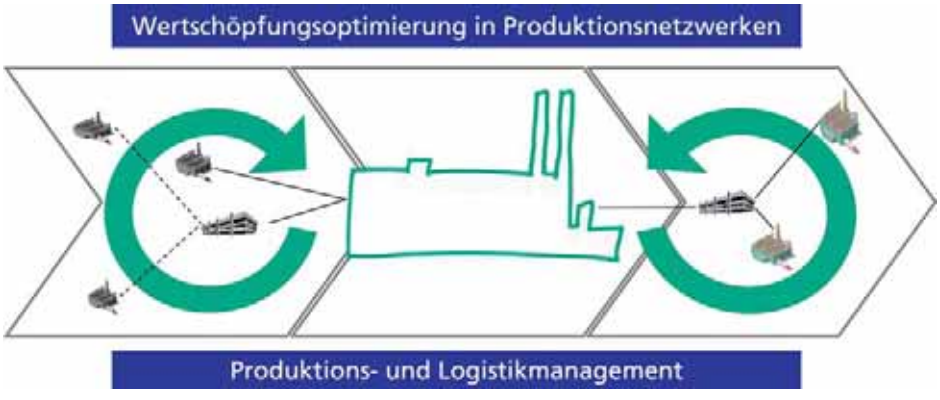
Im Mittelpunkt der Forschungs- und Beratungstätigkeiten stehen ganzheitliche Lösungen für Produktions- und Logistikmanagement von Industrie- und Dienstleistungsunternehmen. Die PPL unterstützt Unternehmen strukturell in der Gestaltung des Global Footprints von der Standortauswahl bis zur Fabrikplanung in neuen und bestehenden Fabriken und der Integration in bestehende Produktions- und Lieferantenstrukturen. Aber auch Optimierungen der Prozesse und der Organisation innerhalb des Unternehmens sowie der unternehmensübergreifenden Abläufe sind typische Aufgabenstellungen in Projekten der PPL: Reduzierung der Wiederbeschaffungszeiten, Umstellung auf JIT-/JIS-Belieferungen, Senkung von Einkaufs-, Transport-, Bestands-, Handlings- oder Distributionskosten.

Das Leistungsangebot der Fraunhofer PPL in Wien umfasst:

Produktionsmanagement
- Produktionssysteme
- Produktionsoptimierung
- Wertstromdesign
- Lean Production und Lean Administration
- Innovations- und Produktmanagement
- Servicemanagement
- Organisationsentwicklung
- Prozess- und Zeitmanagement
- Qualitätsmanagement
- Anlagenverfügbarkeit

Logistikmanagement
- Supply Chain Management
- Produktions- und Lagerlogistik
- RFID-Anwendungen
- Beschaffungs- und Distributionslogistik
- Lean Logistics
- Standortauswahl und -strukturen
- Fabrikplanung
- Lieferantenparks

Neben einem kontinuierlichen Wachstum der Fraunhofer PPL wurde 2007 eine weitere Weiche zur erfolgreichen Weiterführung der Fraunhofer-Aktivitäten gestellt, da der Fraunhofer-Senat im Zuge der neuen Europa-Strategie die Gründung von Fraunhofer-Austria beschlossen hat. Damit wird 2008 durch die Schaffung einer gemeinnützigen GmbH ein Dach für Institutsaktivitäten in Österreich entstehen.



Automotive-Multi-Customer-Supplier-Parks – intelligent und kostenschonend

Mit steigenden Transport- und Logistikkosten gerät das System des Teile-Tourismus aus aller Welt zur Versorgung der Automobilwerke zunehmend unter Druck. Ein Ansatz zur intelligenteren Neustrukturierung des automobilen Netzwerks aus Zulieferbetrieben und Herstellern lautet: Multi-Customer-Supplier-Parks. Hält man sich die Tatsachen vor Augen, dass für die Produktion eines einzelnen Fahrzeugs durchschnittlich ca. 12 000 Teile von rund

500 Direktzulieferern benötigt werden und gerade die neuen Standorte der europäischen Automobilhersteller, z. B. in Osteuropa, ihre Teile meist nach wie vor aus Süd- und Mitteleuropa beziehen, dann wird schnell klar, dass die Logistikkosten eine zentrale Rolle in diesem Gefüge spielen. Die Herausforderung lautet daher: logistische Integration der Lieferanten (Modul- und Systemlieferanten) in neue Automobilwerke ohne den Verlust von Economies of Scale. Also nicht Aufbau von zahlreichen unwirtschaftlichen »Mini-« Lieferantenfabriken mit geringer Wertschöpfung vor jedem Werkstor, sondern die Nutzung von Synergieeffekten über mehrere Automobilhersteller hinweg.

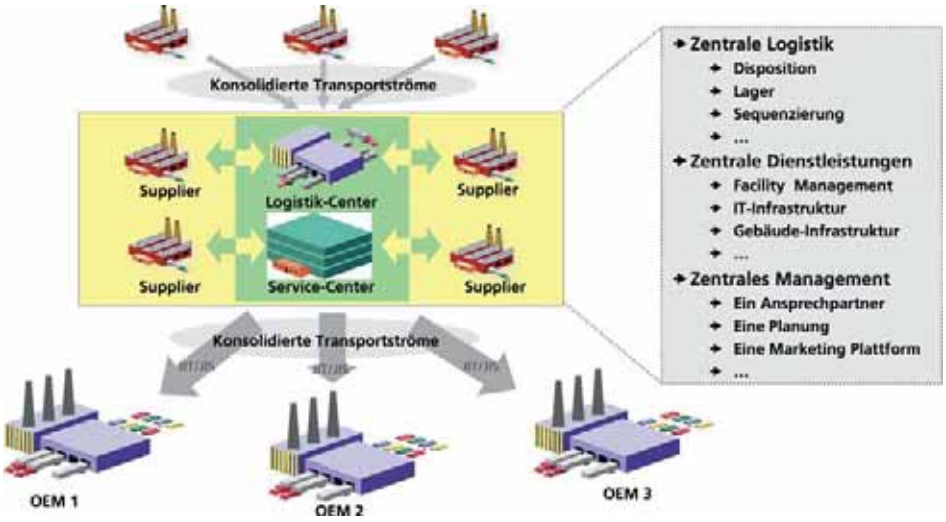


Bild 1 Konzept des Multi-OEM-Supplier-Parks.

Multi-Customer-Supplier-Parks – was sie sind und was sie können

Die pragmatische Beschreibung eines Multi-Customer-Supplier-Parks lautet: eine abgegrenzte Fläche samt Gebäuden und Infrastruktur, in der mehrere Zulieferer angesiedelt sind. Die Zulieferer im Park führen komplexe Wertschöpfungsschritte durch, sie kommen dabei ohne Zwischenlager aus und liefern direkt auf die Montagebänder mehrerer Automobilhersteller (OEM) zeit-, mengen- und zum Teil reihenfolgegenau. Die Zulieferer erhalten im Supplier-Park ein umfassendes Dienstleistungsangebot, mit dessen Hilfe sie Kosten einsparen und ihren Service verbessern können.

Hauptziel ist es, den Parkfirmen zu ermöglichen, sich auf ihre Kernkompetenzen Produktion und Entwicklung in den neuen Produktionsregionen der Welt zu konzentrieren. Alle anderen Bereiche wie beispielsweise Dispositionsabwicklungen, Transportleistungen oder einfache Leistungen wie Sicherheitsdienste sollen den Firmen durch den Park abgenommen werden. Die gemeinsame Ansiedlung mehrerer Unternehmen führt in logischer Konsequenz zu geringeren Kosten – Skaleneffekte können über die eigenen Unternehmensgrenzen hinweg erreicht werden. Ein intelligentes Dienstleistungsangebot mit Einsparungseffekten und geringere Produktionskosten durch höhere Produktionsvolumen aufgrund der mehrdimensionalen Kundenausrichtung machen somit das Erfolgsrezept des Multi-Customer-Supplier-Parks aus. Die großen Zulieferer von Modulen und Systemen können unabhängiger von den Automobilherstellern agieren und somit für mehrere Kunden produzieren. Die dadurch realisierten Skaleneffekte, kombiniert mit kostengünstigen Supportprozessen des Parks führen zu günstigen Produktionsbedingungen.

Zuliefererparks für kmU

Das zuvor beschriebene Konzept richtet sich an die großen Zulieferer der Automobilindustrie – Modul- und Systemlieferanten, die z. B. Sitze, Cockpits oder Tanksysteme erzeugen. Fraunhofer PPL entwickelt das Konzept ständig weiter und bietet auch Lösungen für Zuliefererparks, die auf kmU und deren spezifische Herausforderungen ausgerichtet sind. Schwierigkeiten der kmU bestehen zum Beispiel beim Aufbau neuer Werke in Emerging Countries wie z. B. Russland. Gerade in den Bereichen Standortfinanzierung, Mitarbeiterqualifizierung, Umgang mit politischen Rahmenbedingungen (z. B. Bürokratie, rechtliche Situation), Sicherstellung der Lieferfähigkeit und Flexibilität sehen sich die kmU schwierigen Anforderungen gegenüber und benötigen professionelle Unterstützung. Kleinere Unternehmen profitieren darüber hinaus von der Ansiedlung anderer Unternehmen, die sich mit ähnlichen Anforderungen konfrontiert sehen: Durch Kooperation und Bündelung kommen sie in den Genuss von Größeneffekten, die gewöhnlich nur große Unternehmen aufweisen. Dies kann auch Unternehmen in unmittelbarer Nähe eines entstehenden Supplier-Parks umfassen, ohne sich physisch dort ansiedeln zu müssen. Die (virtuelle) Integration schafft eine Win-win-Situation: externe Zulieferer profitieren von den Leistungen des Parks und können dadurch ihre Kosten senken, der Park selbst profitiert durch das neue Volumen an Aufträgen und kann damit die Kosten weiter optimieren.

Optimierung der Materialversorgung für einen Energieversorger in Osteuropa

Ausgangssituation

Auftraggeber des Projekts war ein österreichischer Energieversorger, der seine zahlreichen Aktivitäten in den Bereichen Energieversorgung, Wasserver- und -entsorgung sowie thermische Abfallbehandlung in den letzten Jahren in ost- und südosteuropäische Länder ausgeweitet hat, da dort überdurchschnittliche Wachstumschancen und -impulse zu erwarten sind.

Diese Aktivitäten beinhalteten auch die Übernahme von zwei regionalen Stromversorgungsunternehmen in einem neuen EU-Mitgliedsland. Die beiden gekauften regionalen Verteilgesellschaften versorgen über ihr Leitungsnetz von rund 56 000 km insgesamt 1,5 Mio Kunden mit elektrischer Energie in einem Versorgungsgebiet von über 42 000 Quadratkilometern.

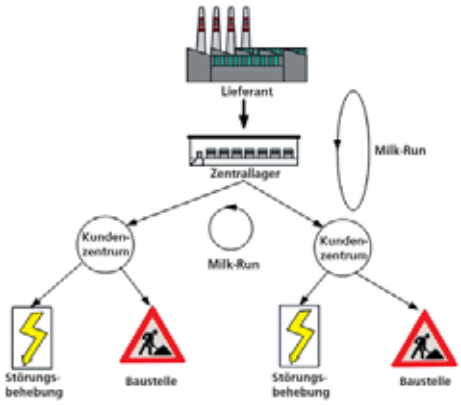


Bild 1 Szenario zur logistischen Materialversorgung.

Mit der Übernahme der Gesellschaften wurden die bestehenden Logistikstrukturen zur Versorgung der Baustellen zur Instandhaltung und zum Ausbau des Leitungsnetzes zerschlagen und nach Vorbild der heimischen Strukturen neu aufgebaut. Kernelemente dieser neuen Struktur waren eine zentrale Beschaffung mit vier Zwischenlagern sowie eine reduzierte Teilevielfalt durch Normung und Standardisierung.

Aufgabenstellung

Ziel des Projekts war es, den damaligen Zustand der Logistikstrukturen beziehungsweise das Konzept der Materialversorgung sowie der Rückführlogistik ganzheitlich mit den thematischen Bereichen Prozesse, Organisation sowie Strukturen zu analysieren, Potenziale und Schwachstellen aufzudecken und schließlich Empfehlungen und Maßnahmen für die Potenzialerschließung abzuleiten. Insbesondere sollten bei der Entwicklung von Maßnahmen zur Optimierung der Materialversorgung die speziellen Gegebenheiten und Rahmenbedingungen, die in einem süd-osteuropäischen Land herrschen, berücksichtigt werden. Beispielhaft seien hier die besondere Berücksichtigung der Qualität der Verkehrswege sowie das Auftreten von Schwund genannt.

Vorgehensweise

Zu Beginn des Projekts standen die Aufnahme der IST-Prozesse, Verantwortlichkeiten und Strukturen der Materialversorgung und der Rückführlogistik des Auftraggebers aus der Sicht der Logistik. Hierzu wurden vor Ort die Logistikstrukturen detailliert beleuchtet und diese Analyse durch Daten aus Workshops und Interviews mit den verantwortlichen Mitarbeitern verfeinert. Im Fokus der Analyse standen der Materialfluss von den Lieferanten bis zur Einbaustelle sowie der Strom der Altteile von der Baustelle zur Entsorgungsstelle mit folgenden Hauptelementen: Teileanzahl und -volumen, vorhandene Lager, IT-Ressourcen, Versorgungsstrategie, verwendete Ladungsträger, Transport-, Kommissionier- und Lagersysteme, Lieferantenauswahl- und Bewertungssysteme. Eine Analyse des Teilespektrums war aufgrund des hohen Standardisierungsgrads nicht erforderlich.

Im Anschluss an die Analyse wurden fünf verschiedene logistische Szenarien für die Materialversorgung gebildet und hinsichtlich der Transportkosten sowie der Versorgungssicherheit bewertet. Nach Auswahl eines optimalen Szenarios wurden eine Standortanalyse sowie eine grobe Auslegung eines zentralen Lagers mit optimierten Beständen durchgeführt.

Ergebnis

Ergebnisse des Projekts waren identifizierte Potenziale und Schwachstellen in der Logistikstruktur des Auftraggebers sowie Maßnahmen zur Effizienzsteigerung der Logistik unter Sicherstellung der Materialverfügbarkeit.

Konkret bedeutet dies, dass die Anzahl der Hauptlager von vier auf eines reduziert wurden, was zu einer Bestands- und Kostensenkung bei einer gleichzeitigen Erhöhung der Verfügbarkeit der einzelnen Materialien für die Baustellen führte.

Zudem wurden bestehende logistische Abläufe optimiert sowie unterstützende IT-Systeme auf deren Erweiterbarkeit und Anpassung an die Erfordernisse der Logistik hin untersucht.

Wertstromoptimierte Montagegestaltung

Ausgangssituation

Im Auftrag der österreichischen Tochtergesellschaft eines international führenden Technologiekonzerns wurden im Rahmen eines Gesamtprojekts mehrere unterschiedliche Produktfamilien an verschiedenen Standorten mit jeweils spezifischen Aufgabenstellungen betrachtet und nach Gesichtspunkten des Wertstromdesigns optimiert. Im Folgenden wird anhand einer konkreten Aufgabenstellung die Vorgehensweise für eine Produktfamilie exemplarisch erläutert.

Die betrachtete Produktfamilie dient zur Regelung und Steuerung von Gleichstromantrieben und kann in 117 Standardvarianten, die zusätzlich mit Optionen aufgerüstet werden können, bestellt werden. 74 dieser Varianten wurden auf einem Montageband mit verketteten Arbeitsplätzen in Reihenproduktion montiert. 21 Mitarbeiter produzierten so im Ein-Schicht-Betrieb im Schnitt ca. 53 Stück pro Tag.

Aufgabenstellung

Von einem internen Projektteam wurde mit der Beplanung des für diese Produktfamilie vorgegebenen Hallenbereichs begonnen. Bei dem vom Kunden als einfach eingeschätzten Projekt traten kurz nach Beginn jedoch komplexe Herausforderungen auf, weshalb Fraunhofer PPL mit der Unterstützung beauftragt wurde. Die von der Leitung vorgegebenen Ziele der Reduktion der Durchlaufzeiten bei gleichzeitiger Erhöhung der Produktivität waren auf dem zur Verfügung stehenden Bereich schwer umzusetzen. Die vorgesehene Fläche war nicht nur um 27 Prozent kleiner als der bisher beanspruchte Bereich, sondern aufgrund der baulichen Gegebenheiten (z. B. Zwischenwände) und des Grundrisses nur eingeschränkt zu nutzen. Zusätzliche Zielvorgaben der Leitung waren:

- Verwendung eines technisch einfachen, wartungsarmen Transportsystems, welches geringe Investitionen benötigt
- Erhöhung der Flexibilität der Produktion
- Integration von weiteren Produktarten dieser Produktfamilie in den betrachteten Fertigungsbereich

Vorgehensweise

Nach einer Ist-Analyse der betroffenen Produktfamilie und der bei der Endmontage notwendigen Prozessschritte im Zuge einer Wertstromanalyse wurde jedes Produkt anhand seiner Teilprozesse nach einem Kriterienkatalog auf Eignung zur Integration in den neuen Fertigungsbereich untersucht. Für die so entstandenen Produktgruppen innerhalb dieser Produktfamilie wurden in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des Auftraggebers mögliche Montageszenarien entwickelt. Die Szenarien für die Endmontage wurden anschließend hinsichtlich ihrer Zielerfüllung bewertet und verglichen. Die Umsetzung der Fertigungsumstellung wurde von der PPL detailliert geplant (z. B. Anordnung der Arbeitsplätze, Werkzeuge und Vorrichtungen, Regalspiegel mit Behälterreichweiten etc.) und bis zur vollständigen Inbetriebnahme des Fertigungsbereichs begleitet.

Ergebnis

Ergebnis des Projekts war ein One-Piece-Flow-Montagebereich, der minimale Durchlaufzeiten sowie Bestände bei höchstmöglicher Flexibilität bietet. Die

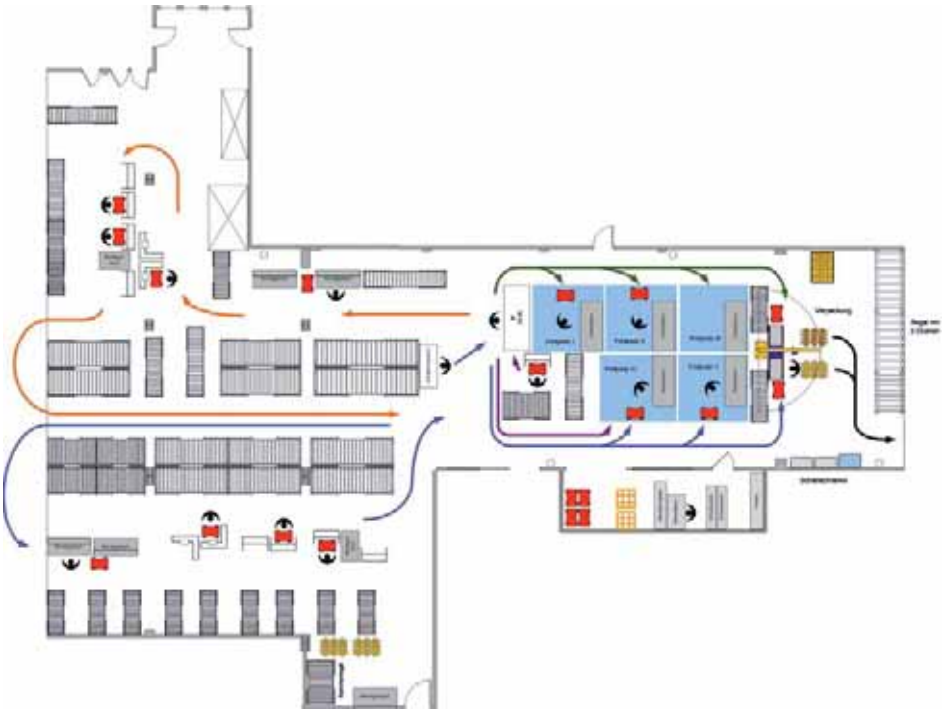


Bild 1 One-Piece-Flow-Ströme der Produktgruppen im Montagebereich.

erfolgte Flächeneinsparung wurde mit minimalen Investitionen erreicht, die verwendeten Transportsysteme zur Produktweitergabe sind technisch einfach und nahezu wartungsfrei. Allein die Einsparung an Wartungskosten beträgt in etwa 70000 Euro pro Jahr.

Lean Operations in der Automobilindustrie

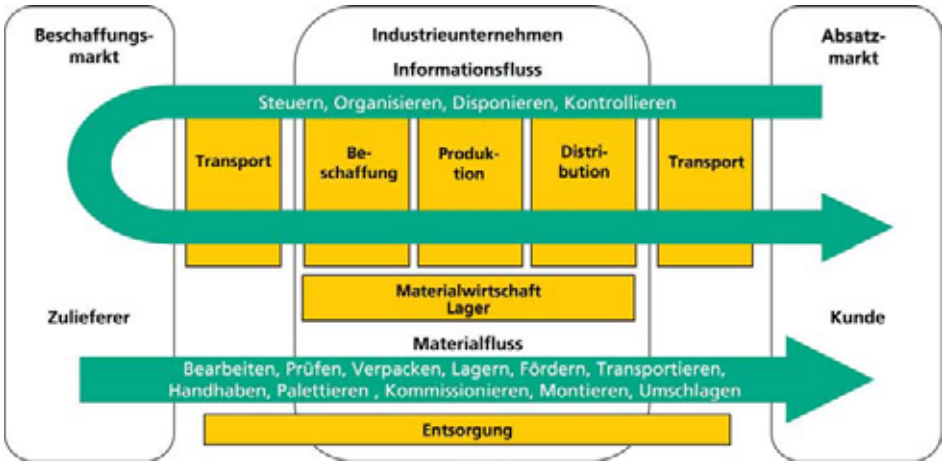


Bild 1 Durchgängiger Informations- und Materialfluss im Auftragserfüllungsprozess.

Ausgangssituation

Ein Unternehmen aus der Automobilzulieferbranche produziert und konfektioniert Textilien für die automobile Innenausstattung, Sitzbezüge aus unterschiedlichen Materialien sowie spezielle Interieurteile. Im Zuge eines Vorprojekts wurden Schwierigkeiten im Prozess der Auftragserfüllung transparent.

Aufgabenstellung

Zur Optimierung der Kundenauftragsabwicklung wurde daher das Projekt »Lean Operations« mit dem Ziel der Einführung eines ganzheitlichen systematischen Lean Managements entlang der Wertschöpfungskette aufgesetzt. Dabei sollen die Lean-Prinzipien nicht nur für die Produktion, sondern für den gesamten Informations- und Materialfluss in der Lieferkette angewandt werden. Durch die durchgängige Prozessoptimierung sollten Verbesserungen von Kosten-, Qualitäts-, Zeit-, und Flexibilitätsgrößen in der Supply Chain erzielt werden, was sich konkret in der Verringerung von Beständen und Durchlaufzeiten sowie in der Verringerung der Logistikkosten niederschlägt.

Vorgehensweise

Um ein klares Verständnis der Anforderungen der Kunden an die Auftragserfüllung zu erhalten und um diese mit den Anforderungen an die eigenen Lieferanten abzugleichen, wurden in einem ersten Schritt die bestehenden Vereinbarungen mit Kunden und Lieferanten analysiert und mit den Fähigkeiten der eigenen Organisation verglichen. Auf dieser Basis konnte ein mit allen Fachbereichen abgestimmter Standard für zukünftige Vereinbarungen definiert werden.

Zur Erreichung eines schlanken und durchgängigen Prozessflusses erfolgten in einem zweiten Schritt die Standardisierung der Abläufe und der Schnittstellen sowie die entsprechende funktionale Zuordnung. Um die Prozesse optimal durch die Organisation zu unterstützen, wurden die Strukturen der Zentral- und Standortbereiche definiert, zueinander abgegrenzt und zwischen den unterschiedlichen Standorten synchronisiert.

Ein wesentliches Element für eine erfolgreiche Auftragsabwicklung war die Einführung einer durchgängigen Planungslogik. Inhalt und Planungshorizont zwischen den unterschiedlichen Planungsebenen (Kapazitätsplanung – Produktionsbedarfsplanung – Fertigungssteuerung) wurden abgestimmt und Basiskapazitäten zur Glättung von Bedarfsschwankungen eingeführt. Bei der Prozessanalyse erfolgte die Betrachtung der Supply Chain auch über die Unternehmensgrenzen hinweg: So wurde z. B. die Variantenbildung von Zukaufteilen vom Zulieferer auf die eigene Produktion verschoben, um eine Verringerung der Bestände bzw. Wiederbeschaffungszeit zu erzielen.

Ergebnisse

Ein wesentliches Ergebnis des Projekts war die Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses des Gesamtprozessablaufs durch die einzelnen Bereiche. Durch die klare Prozessdefinition konnte der Gesamtaufwand durch verhinderte Mehrfachplanung verringert, ferner die Planungsqualität zwischen Vertrieb, Kapazitätsplanung und Beschaffung deutlich verbessert werden. Die Standardisierung der Abläufe resultiert in einer Beruhigung der Logistik, die sich durch verringerte Turbulenzen, Bestände und Sonderfahrten ausdrückte.

Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation

Ausgangssituation

Die Einrichtung einer Projektgruppe des Fraunhofer IPA an der Universität Bayreuth, Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften, am Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik, ist vor allem den Initiativen regional ansässiger Unternehmen sowie der IHK für Oberfranken Bayreuth zu verdanken. Arbeitsgebiet soll der Wissens- und Technologietransfer auf dem Gebiet Prozessinnovation für Unternehmen des ostbayerischen Raums sein.

Die Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation am Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik kooperiert eng mit der Universität Bayreuth, Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften, sowie mit dem Fraunhofer IPA. Die Zusammenarbeit erstreckt sich über das gesamte Spektrum von Forschungs-, Lehr- und Projektaktivitäten. Sie beschäftigt unter dem Gruppenleiter Dr.-Ing. Stefan Freiberger sechs wissenschaftliche Mitarbeiter. Seit ihrem Bestehen wurden 17 Industrieprojekte erfolgreich bearbeitet. Die Akquise erfolgte gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA und der IHK für Oberfranken.

Bild 2 Standort der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation an der Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften der Universität Bayreuth.

Arbeitsgebiete und Leistungsangebote

Die Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation an der Universität Bayreuth arbeitet hauptsächlich für Unternehmen des ostbayerischen Raums. Aufbauend auf der inzwischen gesicherten Erkenntnis, dass sich durch Prozessinnovation in Großunternehmen messbare Produktivitätsverbesserungen eingestellt haben, sollen auch für kleine und mittlere Unternehmen diese enormen Potenziale erschlossen werden.

Durch gezielte Bündelung der Kompetenzen des Fraunhofer IPA mit denen des Lehrstuhls Umweltgerechte Produktionstechnik der Universität Bayreuth offeriert die Projektgruppe ein breites Leistungsangebot:

- Standortstrategien
  - Produktionsordnung bei mehreren Werken
  - Wertschöpfungs- und Sourcingstrategien
  - Standortplanung und -auswahl
- Fabrikplanung
  - Daten- und Kennzahlenerhebung
  - Ideal- und Realplanung
  - Grob- und Feinlayoutoptimierung
  - Lager- und Logistikplanung
  - Wertstromanalyse und -design
  - Materialflusssimulation
  - 3-D-Visualisierung
- Produktionsstrategien
  - Zielgruppenorientierte Fertigungssegmentierung
  - Modelle zur Kapazitätsflexibilisierung
  - Produktionsplanung und -steuerung
  - Technologie- und Maschinenauswahl
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit
  - Kontinuierliche Verbesserung
  - Arbeitsorganisation und Arbeitszeitmodelle
  - Human Resource Management
- Potenzialanalysen
  - Produktentwicklungsprozesse
  - Produktionsprozesse
  - Logistikprozesse
- Produkt- und Produktionsoptimierung
  - Neue Technologien und Verfahren
  - Fertigung und Montage
- CAD-/CAM-Prozesskette
  - NC-Programmierung und -Simulation
  - Prototypenfertigung

Bild 1 Staatsminister Erwin Huber übergibt den Bewilligungsbescheid für das erste Fraunhofer-Engagement in Oberfranken an den Institutsleiter des Fraunhofer IPA, Prof. Dr.-Ing. Westkämper. (V. l. n. r.): Prof. Steinhilper, Universität Bayreuth; Prof. Westkämper; Staatsminister Erwin Huber; Universitätpräsident Prof. Ruppert; Dr. Wagner, IHK-Präsident.

Bild 3 Projektbeispiel: Planung neuer Werkshallen und Werksneubau bei der Fa. Hofmann Metallbearbeitung GmbH (rechts: Dr.-Ing. Freiberger, Mitte: Roland Hofmann).

Bild 4 Projektbeispiel: 5-Achs-Fräsbearbeitung.

Bild 5 Projektbeispiel: Prozesse und Anlagen zur Druckweiterverarbeitung (z. B. Wertstromanalyse).

Kooperationspartner und Projekte

- Fa. ABM Greiffenberger Antriebstechnik GmbH
  – Materialeffizienzsteigerung der Fertigung von Elektromotoren
- Fa. Dronco AG
  – Ganzheitliche Potenzialanalyse der Schleifscheibenproduktion
  – Geweberonden-Stabilisierung
- Fa. Druckhaus Bayreuth Verlagsgesellschaft mbH
  – Potenzialanalyse zur Optimierung von Arbeitsabläufen
- Fa. Dr. Schneider Kunststoffwerke GmbH
  – Logistikpotenziale an zwei Standorten
- Fa. Flight Systems Electronics Group
  – Prüfung und Fehlerdiagnose von Kfz-Elektronikbaugruppen mithilfe der thermographischen Diagnose
- Fa. Frenzelit-Werke GmbH & Co. KG
  – Industrieforum Prozessinnovation
- Fa. Helsacomp GmbH
  – Industrieforum Prozessinnovation
- Fa. Hertel & Co. GmbH
  – Potenzialanalyse in der Verpackungsfertigung
- Fa. MD Rebuilt Parts Detzen GmbH
  – Prozess- und Materialflussoptimierung
- Fa. Hofmann Metallbearbeitung GmbH
  – Entwicklung einer verschwendungsarmen und materialeffizienten Produktion im Zuge der Werksneuplanung
- Fa. LOEWE AG
  – Fabrikplanung: Wertstromoptimierte Montage und Logistik in der TV-Geräteproduktion
- Fa. Kulmbacher Brauerei AG
  – Planung eines zukunftsweisenden Versandkonzepts
  – Integration der Feste- und Eventabwicklung in das Versandkonzept
  – Einbindung der geplanten Leergutsortieranlage in die Versandlogistik
  – Simulation der Einbindung der geplanten Leergutsortieranlage in die Versandlogistik
- Fa. Lamilux Heinrich Strunz GmbH
  – Optimierung und logistische Integration der neuen Lichtkuppelproduktion
- Fa. Elau AG/DriveTech GmbH
  – Ganzheitliche Konzeption der Montage und Logistik für die Elektromotorenproduktion

Ergebnisse

Messbare Verbesserungen:

- Kosteneinsparung
  2 % bis 25 %
- Durchlaufzeitenreduzierung
  5 % bis 80 %
- Handlingzeitenreduzierung
  10 % bis 100 %
- Rüstzeitenreduzierung
  5 % bis 60 %
- Flexibilitätssteigerung
  5 % bis 70 %
- Materialeffizienzsteigerung
  1 % bis 15 %
- Produktivitätssteigerung
  2 % bis 25 %
- Finanzielle kmU-Förderung
  10 % bis 67 %

Weitere Verbesserungen:

- Kontinuierliche Verbesserung von Produkten und Prozessen
- Gestaltung und Optimierung des Fabrik- und Werklayouts
- Beherrschung von Produkt- und Auftragsvielfalt
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit
- Vielfältige ungeplante Innovationen

Fraunhofer-Projektgruppe Zilina

Lean Six Sigma und Innovationen

Ausgangssituation

Um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können, unternehmen viele europäische Betriebe immense Anstrengungen, ihre Produktivität zu steigern. Trotzdem ist der Abstand, zum Beispiel zu japanischen Betrieben, immer noch beachtlich.

Ein Grund dafür ist, dass viele japanische Mitarbeiter erfolgreicher Betriebe mit kontinuierlichen Verbesserungen und Innovationen über die gesamte Wertschöpfungskette einen aktiven Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit ihres Unternehmens und damit zur Sicherung ihrer Arbeitsplätze leisten. Ferner sollte sich jeder Manager im Unternehmen nicht nur als Führungskraft verstehen, sondern ebenso als Personalentwickler und Coach seiner Mitarbeiter. Dazu muss im Unternehmen eine Philosophie vorherrschen, die auf Kreativität basiert und täglich systematisch und konsequent der Verschwendung Einhalt gebietet. Produktions- und Informationstechnologien, Arbeits- und Prozessorganisationsmethoden alleine reichen heute nicht mehr aus, um ein Unternehmen zum Erfolg zu führen, denn diese Ressourcen sind mittlerweile global verfügbar geworden. Die Konkurrenzfähigkeit und Innovationskraft hängt von dem einzelnen Mitarbeiter und einer synergetischen Kultur ab, die auf Kooperation und Kommunikation beruht.

Vor allem aufgrund mangelnder Vorbereitung sowie sprachlichen und kulturellen Unterschieden der einzelnen Mitarbeiter versagen oftmals Arbeits- und Prozessorganisationskonzepte in osteuropäischen Ländern.

Aufgabe und Zielsetzung

Um insbesondere in Ländern wie Tschechien, der Slowakei und Polen eine Prozessverbesserung zu erzielen, wurde die Entwicklung einer Toolbox mit folgenden Eigenschaften geplant:

- Schnelle Einsatz- und Anpassungsfähigkeit in unterschiedlichen Industriebranchen (Möbel-, Automobilindustrie, Elektrotechnik, Maschinenbau, Bauwesen, Chemie) und unabhängig von der Firmengröße (Konzerne, kmU)
- Modulare und flexible Struktur
- Verbesserte Firmenkultur
- Mitarbeitertraining
- Integrierte Methodik für systematische Prozessverbesserung und Problemlösungsprozesse
- Integrierte Methodik für parallele Produkt- und Prozessinnovationen

Als Zielsetzung wurde formuliert, eine Kombination der kontinuierlichen Verbesserungsprozesse in der Produktion, Logistik, Produktentwicklung und Administration nach dem folgenden Prinzip zu installieren:

↑ Kundenwert = ↑ positive Funktionen/
(↓ Kosten + ↓ negative Funktionen)

Bereich	Verbesserung	Innovation
Profitsteigerung	1000 – 1 Mio Euro	10 – 100 Mio Euro
Organisation	individuelle Verbesserungsvorschläge, Workshops, Kaskaden Workshops, Six Sigma Projekte	Innovationsprojekte
Einsatz der Mitarbeiter	viele Mitarbeiter aus verschiedenen Prozessen	beschränkt auf Spezialisten
Problembereich	lokale Probleme (z. B. Produktionslinie, Arbeitsplatz, Produktqualität usw.)	Komplexer Querschnitt durch Marketing, Entwicklung, Produktion, Logistik, Verkauf, usw.
Zeit	kurz (Tage, Wochen)	lang (Monate)
Misserfolgsrisiko	niedrig (90 % Erfolg)	hoch (10 % Erfolg)
Verwendete Methoden	intuitive: Branistorming, Workshop, Mind Mapping, Wertstrom	systematische: WOIS, TRIZ, Systematic Innovation
Messen der Ergebnisse	Produktivität des Teams, Einsparungen, Kostenreduzierung	Kreativität des Teams, neuer Kundenwert, Originalität, Unterschiedlichkeit
Ressourcen und Randbedingungen	Prozessinformationen und -erfahrungen, Anwendung der lokalen Erkenntnisse	Überwindung der lokalen Vorgangsweisen, Anwendung der globalen Erkentnisse

Bild 1 Unterschiede zwischen »Verbesserung« und »Innovation«.

Auftraggeber/realisiertes Projekt

Firma: Linet Slaný, Tschechische Republik, www.linet.cz
Produkt: Krankenbett
Anzahl der Mitarbeiter: 450
Umsatz: 50 Mio Euro

Tabellarische Projektbeschreibung

Modul	Beschreibung	Inhalt
Unternehmensaudit	Prozessanalyse, Fragebogen, Analysen in der Produktion, Benchmark von kritischen Kennzahlen, Mitarbeiterpotenzial	• Produktion • Administration • Logistik • Produktentwicklung • HR und Unternehmenskultur • andere
Planungs- und Umsetzungsprogramm	Methodik für erfolgreiche Planung und Umsetzung des Projektvorhabens	• Projektziele • Projektplanung • Projektorganisation • Verantwortlichkeit • Projektstruktur • Dokumentation • Auswertung
Trainingsprogramm	Trainingsprogramm für Führungskräfte, Projektmanager, Spezialisten (IE, Lean Six Sigma), Meister u. a.	• Problemlösungsprozess • Projektmanagement • Prozessanalyse • Prozessverbesserung • Wertstrommanagement • Prozessstabilisierung • Engpassmanagement • Lean Six Sigma • Arbeits- und Prozessorganisation • KVP • Innovationen • Teamarbeit
Methodik und Methodentoolbox	Toolbox mit Hilfsmitteln zur Problemlösung	DMAIC, WOIS, TRIZ, 5S, Wertstrom, TPM, Rüstzeitreduzierung, Statistik, Systematic Innovation, LCIA, Fertigungszellen, Simulation, Poka Yoke, Kanban, DBR, Nivellierung, Qualität im Prozess, standardisierte Arbeit, Lean Product Development, Lean Office, DFMA u. a.

Motive des gemeinsamen Projekts

- Erhöhung der Konkurrenzfähigkeit durch Produkt- und Prozessinnovationen
- Umstrukturierung der Produktion – Lean-Six-Sigma-Philosophie und Innovationen
- Lerneffekt für die Linet-Mitarbeiter
- Konkurrenz aus China, Kostendruck
- Rezession auf dem Markt

- Hohe Produktvielfalt – 64 000 Varianten, sehr große Schwankungen der Kundenaufträge – extreme Anforderungen an die Flexibilität in Produktvarianten und Kapazitäten

Das Innovationsprojekt wurde an folgenden Schwerpunkten orientiert:

- Modularität und Standardisierung
- Erhöhung des Kundenwerts und Kostenreduzierung
- Kostengünstige Konstruktion – DFMA, neue Materialtypen, neue Produktionsverfahren
- Neue Produktionsorganisation – Produktionssystem Linet
- Innovation der Vermarktungsprozesse
- Verbesserung und Beschleunigung der Produktanlaufprozesse
- Innovation der Denkweise, Entwicklung der Mitarbeiter (Teamwork, Training, Coaching; Linet-Akademie)

Ergebnis

	vorher	Mit Lean Six Sigma
Produktionskosten (EUR)	1350	650
Arbeitszeit (Std.)	15	8
Anzahl der Teile		- 15 %

Weitere Firmenpartner: Bonatrans, Leoni, Visteon, Witte, Rodenstock, Siemens, Miele, Sauer Danfoss, Johns Manville u. a.

Identifikation von Produktivitätssteigerungspotenzialen in der schiffbaulichen Flachpaneelfertigung mithilfe des Wertstroms

Ausgangssituation

Die schiffbauliche Fertigung der Werften in den Neuen Bundesländern ist gekennzeichnet durch bewusst eingebaute Engpässe entlang des gesamten stahlbaulichen Schiffbauproduktionsprozesses. Mit dem Wegfall der EU-Produktionsbeschränkungen im Jahr 2005 sind die Werften gefordert, ihre Produktivität in erheblichem Maße zu erhöhen und die existierenden Engpässe systematisch zu beseitigen, nachdem die Werften mit einer Kapazitätserhöhung von über 50 Prozent seit 2005 nun an die Grenzen ihrer maximalen Leistungsfähigkeit gestoßen sind. Die Werften sind bis etwa Ende 2010 mit bestehenden Aufträgen voll ausgelastet.

Aufgabe und Zielsetzung

Für ein vorgegebenes Produktionsprogramm sollen die Engpässe einer automatisierten Paneelfließlinie – bestehend aus insgesamt fünf verketteten Arbeitsstationen – identifiziert, deren Rationalisierungspotenziale herausgearbeitet und geeignete organisatorische und technologische Maßnahmen zur Behebung der Engpässe entwickelt werden.

Ziel ist erstens, die Verschwendungen auf der Paneelfließlinie zu identifizieren und das Produktivitätssteigerungspotenzial der Linie aufzuzeigen; zweitens, einen Maßnahmenkatalog an Veränderungen zu erarbeiten, der sicherstellt, dass das vorgegebenen Produktionsprogramm durchgeführt werden kann.

Lösungsansatz

Als Methode zur Analyse der schiffbaulichen Paneelfertigung wird die Wertstromanalyse verwendet. Dazu werden alle fünf Arbeitsstationen der Paneelfließlinie betrachtet, bestehend aus folgenden Arbeitsstationen:

- Platten aufsetzen und schweißen
- Plattenplan besäumen
- Profile aufsetzen und schweißen
- Baugruppen aufsetzen und heften
- Baugruppen verschweißen

Analysiert werden die Bearbeitungszeiten, die Materialpuffer vor und auf jeder Arbeitsstation, die verwendeten Ressourcen und die dazu gehörigen Planungs- und Steuerungsmechanismen. Als besondere Herausforderung stellt sich dabei die Definition der charakteristischen Produktionseinheit heraus.

Bild 1 Schiffbauliche Paneelfließlinie.

Die schiffbauliche Flachpaneelfertigung ist gekennzeichnet durch einen heterogenen Produktmix bei gleichzeitiger hoher Varianz der Bearbeitungszeiten. Deshalb werden nicht die Anzahl der zu produzierenden Paneele als charakteristische Betrachtungsgröße definiert, sondern die zum Paneel zusammengeschweißten Platten. Zu den Platten werden direkt für die Wertstromanalyse am Ort der Produktion auf dem Shop-Floor Informationen zu tatsächlichen Bearbeitungszeiten und derzeitigen Materialpuffern aufgenommen. Gegenübergestellt wird den aufgenommenen Informationen der notwendige Kundentakt. Der Kundentakt wird durch den Sektionsbau, dem nachfolgenden Fertigungsbereich der Flachpaneelfertigung, vorgegeben und definiert den durchschnittlich zu produzierenden Output.

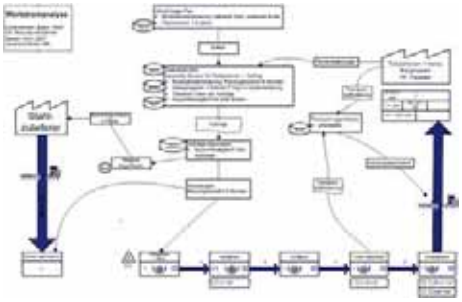


Bild 2 Exemplarischer Ist-Wertstrom.

Die Ergebnisse der Analyse münden anschließend in einer Ist-Darstellung des Wertstromdesigns.

Nach den Prinzipien der schlanken Produktion werden aus der Analyse die Verschwendungen im Sinne der schiffbaulichen Produktion herausgearbeitet. Die sich ergebenen Verschwendungspotenziale aus der hohen Varianz der Bearbeitungszeiten der einzelnen Arbeitsstationen sowie die Fertigungsplanung und -steuerung liegen im Fokus des zu entwickelnden Soll-Wertstromdesigns. Als Ergebnis des Soll-Wertstroms werden der zu erwartende Output und die Produktivitätssteigerungen jeder einzelnen Arbeitsstation herausgearbeitet. Es wird z. B. ein Ausgleich der unterschiedlichen Bearbeitungszeiten der einzelnen Stationen vorgenommen, was zu einem gleichmäßigeren Bearbeitungstakt und zu einer Erhöhung des Outputs der gesamten Paneelfließlinie führt. Aus dem Soll-Wertstrom erfolgt die

Entwicklung eines priorisierten Maßnahmenkatalogs in kurzfristige, mittelsowie langfristige organisatorische und technologische Maßnahmen.

Kundennutzen

In der schiffbaulichen Fertigung und insbesondere bei den automatisierten schiffbaulichen Prozessen sind zur Identifikation von Produktivitätssteigerungspotenzialen häufig langwierige sowie aufwändige Analysen notwendig, die zudem noch auf viele Informationen angewiesen sind. Durch den Einsatz der Wertstromanalyse kann die Analysephase erheblich verkürzt und die Produktivitätspotenziale schnell und genau identifiziert werden. Zudem ist die Methode bestens dafür geeignet einen schnellen Überblick über die gesamte schiffbauliche Produktion zu erhalten. Dieses zeigen die ersten abgeschlossenen Industrieprojekte. Weiter könnte die Methode durch die Werften eigenständig zur kontinuierlichen Identifikation der Produktivitätssteigerungspotenziale eingesetzt werden. Dieses setzt allerdings eine schiffbauspezifische Weiterentwicklung der Methode voraus.

Automatische Roboterprogrammierung in der Mikropaneelfertigung mithilfe von 3-D-Sensordaten

Ausgangssituation

Im Gegensatz zur hoch entwickelten und in vielen Fällen durch Roboter automatisierten Paneelfertigung im Schiffbau ist die Generierung der dafür notwendigen Steuerungsdaten und Betriebsparameter weitgehend durch aufwändige manuelle Tätigkeit und unflexible und fehlerintolerante Kopplung an CAD-Systeme gekennzeichnet. Eine Programmgenerierung für Schweißroboter in der schiffbaulichen Vorfertigung erfolgt bisher unabhängig vom real existierenden Werkstück und Produktionsszenario durch eine teilautomatische Analyse von CAD-Daten in Verbindung mit aufwändigen manuellen Interaktionen, teilweise ergänzt durch langwierige Simulationen und erneuten Iterationsschritten. Dies erfordert einen großen zeitlichen Vorlauf der Programmierung vor der Produktion, eine hohe Qualität, Aktualität und Verfügbarkeit der Konstruktionsdaten. Diese Voraussetzungen stehen im Widerspruch zur geforderten Flexibilisierung der Produktionsabläufe.

Aufgabe und Zielsetzung

Im Bereich der Mikropaneelfertigung in der schiffbaulichen Vorfertigung sollte deshalb ein System entwickelt werden, welches auf der Basis von vor Ort erfassten 3-D-Sensordaten des aktuellen Werkstücks vollautomatisch Roboterprogramme zum Verschweißen gehefteter Strukturen erzeugt. Das zu entwickelnde System sollte sich möglichst einfach in bereits bestehende roboterbasierte Fertigungsanlagen integrieren lassen. Konzeptionell war eine Hardwarekomponente zur dreidimensionalen Digitalisierung der Bauteile und eine zugehörigen Softwarekomponente zur Steuerung der Bilderfassung, Auswertung der Geometriedaten, Visualisierung der Fertigungsaufgabe und letztendlich der Generierung des Bewegungsprogramms zu entwickeln. Die durch aufwändige manuelle Tätigkeiten geprägte Offline-Programmierung sollte durch eine zeit- und ortsnahe automatische Programmgenerierung ersetzt werden.

Lösungsansatz und Anlagenkonzept

Ein Mikropaneel besteht aus einer ebenen Schiffbauplatte mit in beliebiger Richtung, vorwiegend senkrecht aufgesetzten, geraden Profilen. Die auftretenden Profiltypen sind Flach-, Wulstflach-, L- und T-Profile. Bevor diese Profile durch Roboter auf der Grundplatte verschweißt werden, wurden sie auf einer vorgelagerten Arbeitsstation bereits manuell geheftet.

Das so vorbereitete Mikropaneel wird bei unserem neuen Anlagenkonzept unmittelbar vor dem Abschweißen mit einem 3-D-Bilderfassungssensor erfasst. Wegen der Aufnahmegeschwindigkeit, Datenqualität und Robustheit gegenüber äußeren Einflüssen, wurde hierfür ein 3-D-Laserscanner eingesetzt.

Aufgrund des strukturierten Aufbaus eines Mikropaneels ist eine Auswertung der gewonnenen 3-D-Punktewolke relativ einfach zu realisieren. Die mittels Segmentierung separierten Teilpunktwolken der Schiffbauplatte und die der Profile können durch Ebenen beschrieben werden. Die Lage der Schnittkanten dieser Ebenen entspricht der Lage der Aufsetzlinien der Profile auf der Schiffbauplatte und in Verbindung mit der Profilstärke den beidseitig des Profils zu realisierenden Schweißnähten.

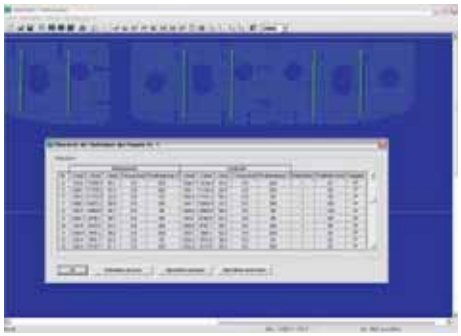


Bild 1 Bedienoberfläche mit Visualisierung der Schweißaufgabe.

Das Ergebnis der Geometriedatenverarbeitung wird von dem Anlagenbediener anschließend, wie in Bild 1 dargestellt, visualisiert.

Abschließend werden die Daten nach einer Sichtkontrolle und eventuellen interaktiven Änderungen durch den Anlagenbediener mithilfe eines Postprozessors in ein anlagenspezifisches Format konvertiert und der Robotersteuerung übergeben.

Zur Datenerfassung wird derzeit der Laserscanner VI-9i der Firma Konica-Minolta eingesetzt. Aufgrund seines eingeschränkten Bilderfassungsbereichs müssen zur vollständigen Digitalisierung eines bis zu 16 m langen und 3 m breiten Mikropaneels mehrere Scannerpositionen angefahren werden. Mittels der bekannten Positionsdaten werden die Einzelaufnahmen zu einem Gesamtbild, einer Gesamtpunktewolke, zusammengesetzt.

Bild 2 Testinstallation auf der Werft.

Als Verfahreinrichtung für den Laserscanner wurde in einem durchgeführten Feldversuch ein Roboterportal der Schweißanlage genutzt. Bild 2 zeigt die Testinstallation eines derartigen Systems auf der Åker-Warnowwerft in Rostock-Warnemünde. Dieses Anlagenkonzept hat jedoch den Nachteil, dass während der Zeit der Bilderfassung das eigentliche Bahnschweißen blockiert wird.

Alternativ kann die Bilderfassung auf einer vorgelagerten Arbeitsstation erfolgen. Im Falle der Warnowwerft wird die Schweißanlage durch umlaufende Werkstückträger beschickt. Vor der Schweißanlage befindet sich ein Pufferplatz für die Querverschiebung der Baulehren von der Heftstation zur Schweißstation. An dieser Stelle kann eine Verfahreinrichtung für den Laserscanner ohne gravierende Eingriffe in die bestehenden Arbeitsabläufe integriert werden (Bild 3). Diese Anordnung erlaubt es zudem, mehrere Schweißroboter (im Falle der Warnowwerft sind dies drei Roboter) mit nur einem Bilderfassungssensor zu bedienen. Die Umsetzung des Anlagenkonzepts in Form einer Pilotanlage erfolgt Mitte 2008.

Bild 3 Mikropaneellinie mit Bilderfassungsstation.

Bild 4 Bilderfassungsportal über Querverschiebung.

Kundennutzen

Durch den Einsatz des beschriebenen Systems ergeben sich für den Anwender eine Vielzahl von Vorteilen:

- Die bislang notwendige Offline-Programmierung entfällt vollständig
- Die Verfügbarkeit von aktuellen CAD-Daten ist nicht erforderlich, was eine Lohnfertigung für externe Auftraggeber erleichtert
- Der eigentliche Fertigungsprozess wird weitgehend unabhängig von technologischen Vorarbeiten
- Die erstellten Schweißprogramme entsprechen exakt dem jeweiligen Werkstück und dessen Position auf der Baulehre
- Die Programmerstellung ist von gleichbleibend hoher Qualität und unbeeinflusst von subjektiven Fehlern des Programmierers
- Durch die unmittelbare örtliche und zeitliche Verknüpfung der automatischen Programmerstellung mit der eigentlichen Produktion ergibt sich eine nahezu uneingeschränkte Flexibilität in der Produktionsreihenfolge
- Beim Einsatz mehrerer Roboter unterschiedlicher Konfiguration und Leistungsmerkmale kann vor der Beschickung der Roboterarbeitsstationen eine automatische Kalkulation zur optimalen Arbeitsverteilung durchgeführt werden, was je nach Anlagenkonfiguration zusätzlich zu einer Minimierung von Warte- und Nebenzeiten führt

Zu dem Gesamtsystem ist eine Patentanmeldung erfolgt.

Schiffbauliche Endmontage – Reduzierung von Nacharbeiten durch alternative Fügetechnologien

Ausgangssituation

Die Montage von Ausrüstungsgegenständen in der schiffbaulichen Endausrüstung erfolgt nach derzeitigem Stand der Technik überwiegend durch konventionelle Schweißverfahren. Die mit diesem Fügeverfahren herstellbaren Verbindungen sind aus Sicht der Verbindungsfestigkeit durch das stoffschlüssige Fügen sehr gut geeignet. Aus Sicht der Flexibilität der Montage beim Fügen gleichartiger Werkstoffe und bei geringem Vorausrüstungsgrad bieten diese Verfahren ebenfalls deutliche Vorteile.

Bild 1 Montage von Ausrüstungsgegenständen in der schiffbaulichen Endmontage: (1) Endbeschichtete Brandschutztür, (2) Rohrhalter, (3) Lüfterdurchführung, (4) Kabelhalter, (5) Rohrdurchführung.

Die Probleme des thermischen Fügens als Montageverfahren entstehen jedoch mit zunehmendem Ausrüstungsgrad der Schiffssektionen. Nach der Endkonservierung der Schiffssektionen ist ein Einsatz von Schweißtechnologie mit einem erheblichen Aufwand an Vorbereitung und Nacharbeit der Fügestellen verbunden. Hier sind insbesondere die mögliche Beschädigung bereits installierter Ausrüstungskomponenten sowie die Beschädigung der Beschichtung (Bild 1) zu nennen. Das thermische Fügen von zunehmend eingesetzten unterschiedlichen Werkstoffen (Alu/Stahl, Stahl/Kunststoff) ist nicht bzw. nur sehr aufwändig möglich.

Ein weiterer problematischer Aspekt ist die hohe Wärmeeinbringung durch das Schweißen und die damit verbundenen Deformationen sowie das Einbringen von Eigenspannungen in die Schiffsstruktur.

Aufgabenstellung und Zielsetzung

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Untersuchung schiffbaulicher Anwendungen, in denen das Schweißen als Fügeverfahren durch alternative Verfahren substituiert werden soll, um die prinzipbedingten Nachteile des Schweißens zu beseitigen. Es wurden schiffbauliche Montageprozesse in der Ausrüstung für konventionelle Standardtragstrukturen (Blechdicke > 6 mm) untersucht.

Als alternative Fügeverfahren wurden mechanische Verfahren (Blindnieten, Schließringbolzen, gewindeformende Schrauben, Schubbolzen), wärmereduzierte Verfahren (Kurzzeitbolzenschweißen, WIG-Plasmapunktschweißen) sowie das Kleben hinsichtlich ihrer Einsatztauglichkeit für definierte Ausrüstungsverbindungen geprüft.

Alle untersuchten Fügeverfahren haben eine sehr geringe Wärmeeinbringung in die Schiffsgrundstruktur gemeinsam, durch die Deformationen, Eigenspannungen sowie die Beschädigung der Beschichtungen deutlich reduziert werden. Dadurch wird der Aufwand an Nacharbeit an den Fügestellen vermindert.

Lösungsansatz

Um die technische Eignung alternativer Fügeverfahren nachweisen zu können, ist es sinnvoll, die erzielbaren Verbindungsfestigkeiten unter vergleichbaren Fügebedingungen (Materialart, Materialstärke, Beschichtung, Anzahl der Fügepunkte etc.) zu ermitteln und gegenüberzustellen.

Als Hauptbelastungsfälle für Ausrüstungsverbindungen sind die Kopf- und Scherzugbelastung maßgebend. Daher wurden mit Einpunktproben sowohl quasi-statische als auch die dynamische Untersuchungen durchgeführt (Bild 2).

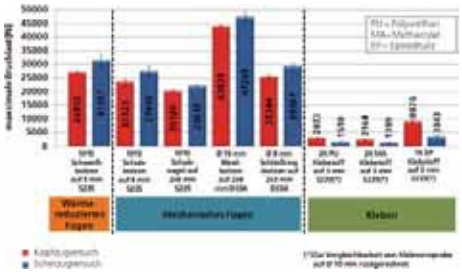


Bild 2 Statische Festigkeiten alternativer Fügeverfahren.

Die für schiffbauliche Bedingungen ermittelten Verbindungsfestigkeiten alternativer Fügeverfahren ergeben Werte, welche mit dem im Schiffbau verbreiteten Bolzenschweißungen (Hubzündung/Keramikring) vergleichbar sind. Die ermittelten Klebfestigkeiten liegen erwartungsgemäß bei gleicher Fügefläche deutlich darunter. Hier ist nur durch die Erhöhung der Klebfläche eine ausreichende Verbindungsfestigkeit zu erreichen.

Neben der Betrachtung der quasi-statischen Verbindungsfestigkeiten ist für die Auslegung von Fügeverbindungen die Ermittlung der dynamischen Festigkeiten entscheidend. Für die genannten alternativen Fügeverfahren sind die ermittelten Zeitfestigkeiten für das gewählte Gebiet der Ausrüstungsmon-

tage von kleinen- bis mittelgroßen Teilen ausreichend.

Zusätzlich zur Ermittlung der quasi-statischen und dynamischen Verbindungsfestigkeiten ist die Ermittlung der Korrosions- und Dichtigkeitseigenschaften von alternativ gefügten Ausrüstungsverbindungen ein weiterer Gegenstand der Untersuchung. Es wurde eine Quantifizierung der Korrosionsneigung und Beurteilung der Korrosionsfolgen durchgeführt. Darüber hinaus sind weitere konstruktive Anforderungen zu erfüllen, welche für die Auswahl geeigneter Fügeverfahren relevant sind (Bild 3).

Bild 3 Bewertung der Fügeverfahren hinsichtlich konstruktiver Anforderungen.

Anhand der entwickelten Bewertungsmatrix zur Charakterisierung der Fügeverfahren ist es möglich, eine dem Belastungsprofil einer ausgewählten Ausrüstungsverbindung zu entnehmende Gewichtung der geforderten Fügeverbindungseigenschaften vorzunehmen und auf diese Weise geeignete Fügeverfahren mit einem hohen Nutzwert auszuwählen (Bild 4).

Bild 4 Links: Montage von Sandwichpaneelen mit Blindnieten; rechts: Befestigung von Rohrhaltern durch Schubnägel bzw. MSG-Schweißen.

Kundennutzen

Für den Schiffbau ergeben sich in den Bereichen der schiffbaulichen Endausrüstung/Reparatur von Ausrüstungsverbindungen erhebliche Rationalisierungspotenziale durch den Einsatz alternativer Fügeverfahren.

Die erzielbaren Verbindungsfestigkeiten sind ausreichend. Die Erfüllung weiterer konstruktiver Anforderungen (z. B. Dichtigkeit) kann durch die Wahl geeigneter Fügeverfahren bzw. geeigneter Fügeelemente realisiert werden.

Durch die erarbeitete Systematik zur Bewertung der Rationalisierungspotenziale, der technischen Eignung alternativer Fügeverfahren sowie der Kosten ist es möglich, Optimierungsmaßnahmen in der schiffbaulichen Endausrüstung durchzuführen. Die Reduzierung von Beschichtungsbeschädigungen, Deformationen und Eigenspannungen stellt einen wesentlichen Vorteil dar. Neben einer Kostenreduktion sind hier außerdem Verbesserungen hinsichtlich einer flexiblen Ablaufplanung zu erzielen.

Nach Abschluss des Forschungsvorhabens werden geeignete Beispielanwendungen in zwei deutschen Werften eingeführt.

Machine Vision Excellence 2007 – Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Produktionen

»Mit Bildverarbeitung zielstrebig zu dokumentierter Qualität«, so könnte das Fazit der Veranstaltung Machine Vision Excellence 2007 lauten, die am 5. Juli am Fraunhofer IPA stattfand. Wie schon in den Jahren zuvor kamen wieder über hundert Teilnehmer ans Institut, um sich über neue Entwicklungen aus dem Bereich der Industriellen Bildverarbeitung (IBV) zu informieren. Dabei diente die Veranstaltung auch als Forum, auf dem sich Akteure der Forschung wie Sensor- und Applikationsentwickler zusammen mit Anwendern von IBV-Lösungen austauschen konnten. Entsprechend bunt gemischt war das Publikum.

Das Schwerpunktthema der diesjährigen Veranstaltung war »Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Produktionen«, was eines der großen Wachstumsthemen der IBV-Szene in den letzten Jahren darstellt. Bei hoch entwickelten Fertigungstechnologien wie auch bei hohen Personalkosten sind Produktionsanlagen nur mit einem hohen Grad an Automatisierung wirtschaftlich zu betreiben. Daher ist im industriellen Bereich schon seit geraumer Zeit zu beobachten, dass die Durchdringung mit Automatisierungslösungen kontinuierlich ansteigt. Alle eingesetzten Komponenten müssen dabei mit dem erhöhten Tempo der Produktion mithalten können, was insbesondere auch den Bereich Bildverarbeitung für das Teilehandling oder die Qualitätssicherung umfasst.

Im Eröffnungsvortrag referierte Dr. Modrich, damaliger Leiter der Abteilung Technische Informationsverarbeitung, über aktuelle Entwicklungen in den östlichen Nachbarländern, in denen sich deutsche Unternehmen verstärkt engagieren, nicht zuletzt aufgrund der EU-Beitritte dieser Länder. Insbesondere in Rumänien entwickelt sich der Markt schnell. Dort können hiesige Anbieter ihre IBV-Lösungen bestens platzieren und für beide Seiten lassen sich Synergieeffekte erzielen.

Um den Blick auf das Ganze zu richten und dabei auch Neulingen die Vorzüge der IBV näherzubringen, sind »Best-in-Class-Applikationen« bestens geeignet. Anhand von besonders leistungsfähigen Prüfanlagen wurde auch in diesem Jahr wieder der Stand der Technik demonstriert, an Beispielen aus dem rauen Produktionsalltag. Begonnen wurde mit dem Thema Bildverarbeitung in der Laserschweißtechnik, wo Kameras unter extremen optischen Bedingungen arbeiten (Fa. hema electronic). Als zweite Applikation wurde die Qualitätsprüfung von Dialysefiltern vorgestellt, die als medizinische Prüfaufgabe eine besonders hohe Zuverlässigkeit aufweisen muss (Fa. ASENTICS). Abgeschlossen wurde dieser Block mit einem Vortrag über flexible Inline-Messtechnik in der Automobilindustrie (Fa. KUKA Roboter). In diesen drei Vorträgen wurde insbesondere dargestellt, wie schnell sich mit IBV-Lösungen ein Return on Investment realisieren lässt. Im Anschluss zu diesem Themenblock gab es eine Reihe von vertiefenden Vorträgen, um den Teilnehmern aktuelles Fachwissen zu den Themen Sensorik und Algorithmen wie auch zu neuen Anwendungsfeldern mit auf den Weg zu geben.

Mit der gewählten Veranstaltungsform ist dem Fraunhofer IPA auch in diesem Jahr wieder ein Brückenschlag zwischen Forschung, Anbietern und Endanwendern gelungen. Nicht zuletzt erfordert die rasante Entwicklung der Technologie ein stetes Hinzulernen von allen Beteiligten. Diesem Ziel wird sich das Fraunhofer IPA auch im kommenden Jahr wieder mit einer Folgeveranstaltung widmen.

Bild 1 Machine Vision Excellence 2007.

12. Anwenderforum Rapid Product Development

Ohne Umwege zum Produkt – Schlanke Prozesse in Prototyping, generativer Fertigung und volumetrischer Messtechnik

Schwerpunkt 2007: Computertomographie als Messtechnik in der Produktentwicklung

Das vom Fraunhofer IPA veranstaltete Anwenderforum Rapid Product Development hat sich bereits seit vielen Jahren als informative Plattform in Fachkreisen etabliert. Im Gegensatz zu ähnlichen Veranstaltungen bietet das einmal im Jahr stattfindende Anwenderforum ein praxisorientiertes Vortragsprogramm, das dem Besucher interessante Einblicke in das aktuelle Marktgeschehen vermittelt. Im Rahmen der Veranstaltung können während der parallel stattfindenden Anwendersessions die Labore und Werkstätten des Instituts besucht und dort mit den Experten des Fraunhofer IPA Informationen ausgetauscht werden. Zusätzlich präsentieren sich auf der begleitenden Ausstellungsmesse innovative Unternehmen mit ihren Produkt- und Verfahrensneuheiten auf zwei Ausstellungsebenen dem Fachpublikum. Um die Veranstaltung stets nah an aktuellen Trends der Branche ausrichten

zu können, wird jedes Jahr ein zeitgemäßer Schwerpunkt gewählt, der das Thema der Veranstaltung bestimmt.

Ziel der Veranstalter ist es, den kommunikativen Meinungs- und Informationsaustausch zu fördern und somit neue Kontakte zwischen den verschiedenen Anwendern zu knüpfen. Der kommunikative Aspekt der Veranstaltung steht für viele Besucher im Vordergrund und soll weiterhin verstärkt werden. Neben dem abwechslungsreichen Ausstellungs- und Vortragsprogramm haben die Besucher ausreichend Möglichkeiten, in persönlichen Gesprächen mit anderen Experten ihrer Branche Netzwerkpflege und -bildung zu betreiben.

Gleichzeitig bietet das Fraunhofer IPA auf dem Anwenderforum die Gelegenheit, bestehende Kundenkontakte zu pflegen und zu intensivieren sowie neue Partner für eine zukünftige Zusammenarbeit zu gewinnen.

Spritzgießen von Präzisionsteilen – Zukunftsorientierte Qualitätssicherung für die Serienfertigung

Ausgehend von der langjährigen Bearbeitung unterschiedlicher Fragestellungen aus dem Bereich »Qualitätssicherung von Präzisionsspritzgießteilen« wurde vom Fraunhofer IPA der industrieseitige Bedarf erkannt, einen Überblick zu modernen Technologien der Qualitätssicherung anzubieten.

Mit der daraus abgeleiteten Veranstaltung wurde den Teilnehmern ein Einblick in neueste Entwicklungen und Systemtechniken für die Serienprüfung von Präzisionskunststoffteilen gegeben. Es konnte aufgezeigt werden, dass gelungene Gesamtlösungen für den Spritzgießbereich erst durch eine interdisziplinäre Verkettung der heute verfügbaren Funktionalitäten der Qualitätssicherung, insbesondere durch eine effiziente Verknüpfung der zentralen Qualitätsprüfung, der Inlineprüfung

und Online- bzw. Inprozessprüfung, den hohen Qualitätsansprüchen im Spritzgießbereich gerecht werden.

Im Eröffnungsvortrag gab Prof. Dr. Günther Fischer, Labor für Kunststofftechnik der Hochschule Esslingen, einen Überblick zu der komplexen Fragestellung der Qualitätssicherung im relevanten Fertigungsbereich. Die Referenten aus der Industrie boten am Beispiel realisierter Systemlösungen interessante Einblicke in die Systemtechnik und in praktische Aufgabenstellungen.

Vorgestellt und diskutiert wurden folgende Themen:

- Problemanalysen und neue Ansätze zur Qualitätssicherung
- Anwendungen von Multisensor-Koordinatenmesssystemen
- Inline-Prüfung mit industriellen Bildverarbeitungssystemen
- Sensorbasierte Online-Prozess- und Qualitätsüberwachung bis hin zur zyklussynchronen Qualitätsprognose

Im letzten Beitrag der Vortragsreihe wurden die Teilnehmer in die am Fraunhofer IPA entwickelte NEPRES-Systemtechnik zur Online-Qualitätsüberwachung und -regelung zyklischer Produktionsprozesse eingeführt und mit den systemseitigen modernen Methoden der Signalverarbeitung vertraut gemacht. Den Abschluss der Veranstaltung bildete eine Demonstration des NEPRES-Systems an der Spritzgießanlage des Instituts.

Internationaler Roboterpreis geht zum 3. Mal ans Fraunhofer IPA

Mit Martin Hägele erhielt nach Prof. Warnecke und Prof. Schraft das Fraunhofer IPA zum dritten Mal den international renommierten Roboterpreis »Joseph Engelberger Award«. Ausgezeichnet wurde Hägele für seine herausragenden Forschungsleistungen und -initiativen. Er hatte Anteil an der Entwicklung und Nutzung neuartiger Roboter für Anwendungen außerhalb der Produktion, die heute als Serviceroboter bezeichnet werden. Als Leiter der Abteilung Robotersysteme am Fraunhofer IPA koordiniert er das EU-Projekt »SMErobot«, in dem die Entwicklung einer schnell zu installierenden und leicht zu bedienenden modularen und interaktiven Robotergeneration gemeinsam mit allen europäischen Roboterherstellern vorangetrieben wird.

Bild 1 Dipl.-Ing. Martin Hägele M. S. und Don Vincent, Executive Vice President of Robotic Industries Association (RIA).

Bild 2 Dipl.-Ing. Martin Hägele M. S. und Trevor Jones, President of Robotic Industries Association (RIA).

Am 13. Juni 2007 erhielt Martin Hägele anlässlich der »International Robots & Vision Show« in Rosemont (Chicago), Illinois, den international renommierten Roboterpreis »Joseph Engelberger Award«. Durch die Preisvergabe wurde die herausragende Forschungsleistung von Martin Hägele gewürdigt, die nicht nur in Deutschland, sondern weltweit in der Roboterszene Beachtung findet.

Der Preis, benannt nach dem international bekannten Begründer der Industrierobotik und »Vater« der modernen Robotikindustrie Joseph Engelberger, gilt als höchste Auszeichnung auf dem Gebiet der Robotik und wird jährlich durch den amerikanischen Robotik-Verband, der Robotic Industries Association (RIA), an Personen verliehen, die sich um Fortschritte in der Robotik besonders verdient gemacht haben. Seit seiner erstmaligen Verleihung im Jahre 1977 ging der Preis nun sechs Mal nach Deutschland. Nach Prof. Warnecke und Prof. Schraft erhielt mit Martin Hägele das Fraunhofer IPA zum dritten Mal diese Auszeichnung.

Schon früh beschäftigte sich Martin Hägele mit herausfordernden Automatisierungslösungen für die Industrie und mit der Entwicklung von Robotern für Einsatzgebiete außerhalb der Produktion, sogenannten Servicerobotern. Mit der Unterstützung seines langjährigen Chefs und Mentors, Prof. Rolf Dieter Schraft, wurde er 1993, nachdem er durch das Buch »Robots in Service« von J. Engelberger auf die Thematik aufmerksam geworden war, Leiter einer wegweisenden deutschen Studie über Marktpotenziale und Anforderungen an künftige Serviceroboter. Gemeinsam mit namhaften Industriepartnern (Daimler, BMW und ARAL) entwickelte er einen Tankroboter, außerdem mehrere Generationen mobiler Serviceroboter, die u. a. für Museen und Firmen seit Jahren im Einsatz sind. Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene hat Martin Hägele zahlreiche Entwicklungsprojekte in der Industrie- und Servicerobotik angestoßen und koordiniert. Dabei beschäftigten ihn vor allem die Themen Mensch-Roboter-Interaktion sowie Steuerungs- und Sensortechnik.

Momentan ist er Leiter eines groß angelegten europäischen Projekts, das die Entwicklung einer neuen Generation von Robotern für kleine- und mittelständische Produktionen zum Ziel hat, an dem alle großen europäischen Roboterhersteller beteiligt sind.

Kurzbiographie und Auszeichnungen:
Im Jahr 1989 schloss Martin Hägele, 27-jährig, sein Maschinenbaustudium sowohl an der Universität Stuttgart als Diplom-Ingenieur als auch an der George Washington University in Washington D. C., USA, mit dem Master of Science ab. Im selben Jahr begann er am Fraunhofer IPA mit seinen Forschungsarbeiten. 1993 wurde er Leiter der Abteilung für Robotersysteme und 2001 Mitglied im Führungskreis des Instituts.

Im Laufe seiner Beschäftigung am Fraunhofer IPA erhielt Martin Hägele mehrere Auszeichnungen: 1990 vom »Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e. V. (VDW)«, 1995 den Fraunhofer IPA Innovationspreis und 1998 den »Grand Prix Européen de l'Innovation et des Technologies Nouvelles« in Monaco.

Martin Hägele veröffentlichte über 80 Bücher und Aufsätze, außerdem ist er Herausgeber des Journals »Roboter- und Computergesteuerte Fertigung«. Vier seiner Entwicklungen sind zum Patent angemeldet. Seit vielen Jahren engagiert er sich in dem Weltverband der Robotik, der »International Federation of Robotics (IFR)«, wo er unter anderem für die Koordinierung der Aktivtäten in der Servicerobotik zuständig ist.

IPA-Innovationspreise 2007

Innovationen können die Wettbewerbsfähigkeit einzelner Unternehmen verbessern oder sich auf ganze Industriebranchen auswirken. An einem werden sie letztlich immer gemessen: an ihrem wirtschaftlichen Erfolg. Die Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt systematisch Verfahren, Produkte und Organisationsformen, die Innovationen auf den Weg bringen. Einen Anreiz dazu bietet der seit 1993 jährlich ausgelobte Innovationspreis des Fraunhofer IPA. Für diesen können sich Wissenschaftliche Mitarbeiter des Fraunhofer IPA und seiner Schwesterinstitute, das Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) sowie das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) der Universität Stuttgart sowie die eng mit dem Fraunhofer IPA kooperierende Gesellschaft für Produktionssysteme (GPS) bewerben. Eine Jury, die sich aus den Institutsleitern Prof. Westkämper und Prof. Verl sowie den drei externen Juroren, Dr.-Ing. Wolfgang Rauh, Leiter Entwicklung der Werth Messtechnik GmbH, Gießen, Dr.-Ing. Norbert Leopold, Geschäftsführer der HWP Planungsgesellschaft mbH, Stuttgart, und Prof. Dr.-Ing. Peter Scharf, Universität Siegen, Fachbereich Maschinenbau, zusammensetzt, entscheidet über die Vergabe der Preise. Am 19. Oktober 2007 wurden fünf Themen und Projekte präsentiert, die die Jury u. a. nach den Kriterien Kundennutzen, Kreativität und methodisch-wissenschaftlicher Ansatz wie folgt bewertete:

1. Preis:
»DOHELIX – ein hocheffizienter technischer Muskel« von Harald Staab (siehe Seite 114)

2. Preis:
»Industrieverbund Cleanroom Suitable Materials CSM« von Udo Gommel (siehe Seite 114)

3. Preis:
»Roboterwerkzeug zum Fügen selbstklebender Dichtungsprofile« von Thomas Ledermann und Martin Naumann (siehe Seite 47)

Bild 1
Gruppenbild der Preisträger und Juroren (v. l. n. r.): Dr. Wolfgang Rauh, Dr. Udo Gommel, Dr. Norbert Leopold, Prof. Peter Scharf, Thomas Ledermann, Martin Naumann, Harald Staab, Prof. Alexander Verl.

Neuartiger technischer DOHELIX-Muskel bewegt Ellbogengelenk

Das Funktionsprinzip eines DOHELIX-Muskels ist einfach: Eine hoch feste, hoch flexible Schnur verbindet zwei zueinander bewegliche Teile. In der Schnurmitte ist eine Antriebswelle befestigt. Wenn sie sich dreht, wickelt sie die Schnur von beiden Seiten auf und zieht die Schnurenden zusammen. DOHELIX heißt der Muskel, weil sich die Schnur in Form einer doppelten Helix auf die Welle aufwickelt. Als Antrieb eignen sich elektrische Kleinmotoren ohne oder mit Getriebe kleiner Untersetzung. Ihr Wirkungsgrad liegt bei hochwertigen Modellen über 80 Prozent und sie können kurzzeitig und wiederkehrend mit einem Vielfachen ihres Nennmoments überlastet werden, also fast wie bei einem menschlichen Skelettmuskel. Ein Prothesenträger benötigt lediglich ein kleines Steuergerät und eine Batterie am Gürtelclip. Mit wenigen konstruktiven Maßnahmen könnten Prothesenträger damit auch duschen und schwimmen gehen.

Der am Fraunhofer IPA entwickelte Ellbogen-Prototyp ISELLA kann sich strecken (0°) und beugen (135°) und den Unterarm über Elle und Speiche verdrehen (+/- 75°).

Einer kostengünstigen Produktion der in vielen Eigenschaften ihren biologischen Vorbildern sehr nahe kommenden Prothese steht nichts im Weg: Die Funktions- und Strukturbauteile von ISELLA sind in hohen Stückzahlen optimiert. Die meisten Bauteile sind entweder Normteile oder Teile, die mit wenigen Bearbeitungsschritten herstellbar sind.

Bild 1 Der ISELLA-Ellbogen (CAD-Bild links oben, Aufbau mit Holzhand rechts).

Reinheitsgerechte Produktionsanlagen nach Maß: Industrieverbund »Cleanroom Suitable Materials CSM«

Übergeordnetes Ziel des Industrieverbunds »Cleanroom Suitable Materials CSM« ist es, den Konstrukteuren von Anlagen für reine Produktionsumgebungen Hilfsmittel an die Hand zu geben, mit denen die Auswahl reinheitstauglicher Werkstoffe ermöglicht wird. Grundvoraussetzung hierfür ist eine enge Kommunikation zwischen den Endanwendern der Produktionsanlagen und den Anlagenbauern. Eine geeignete Plattform bildet der Industrieverbund: Key Player aus den relevanten Industrien sitzen an einem Tisch und entwickeln gemeinsam mit dem Fraunhofer IPA aussagekräftige Verfahren zur Prüfung und Bewertung der Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen (Bild 1). Besonders nachhaltig wird die Arbeit des Industrieverbunds durch seine Mitarbeit an aktuell entstehenden Standards und Richtlinien, in die die Prüfverfahren des Industrieverbunds einfließen.

Durch eine Vielzahl von Werkstoffprüfungen an verschiedenen Kombinationen aus Keramik-, Metall-, Beschichtungs- sowie Kunststoffwerkstoffen, die die einzelnen Teilnehmer frei nach ihren Bedürfnissen auswählen können, entsteht seit zwei Jahren ein für die am Industrieverbund beteiligten Firmen exklusiver und umfangreicher Wissenspool über die Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen. In Form einer weltweit einmaligen internetbasierten Ergebnisdatenbank erhalten die Teilnehmer Zugriff auf alle im Industrieverbund untersuchten Werkstoffe und profitieren so

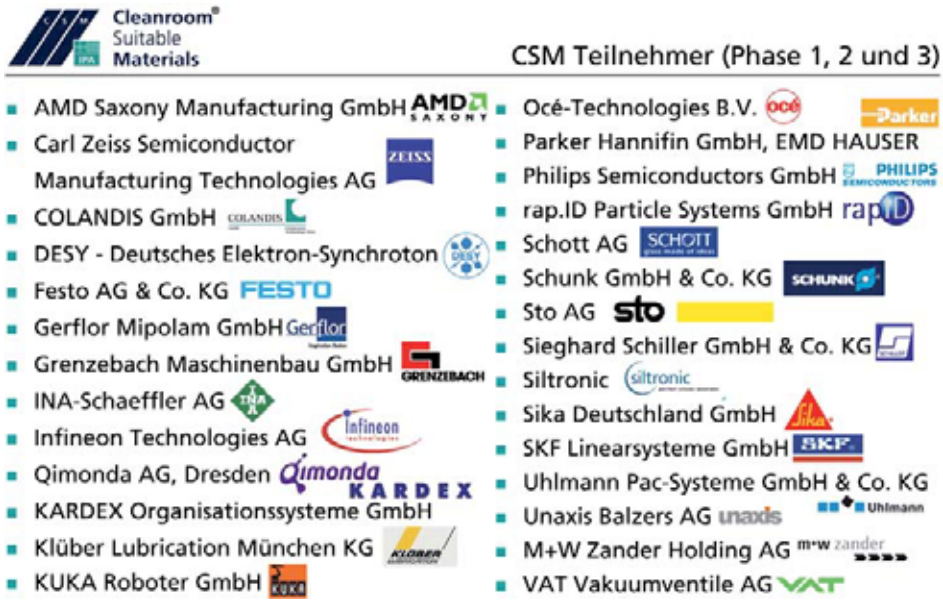


Bild 1 Am Industrieverbund »Cleanroom Suitable Materials CSM« beteiligte Firmen.

von den Synergieeffekten des großen Teilnehmerkreises, der einen schnell wachsenden Werkstoffdatensatz mit sich bringt. Die benutzerfreundliche graphische Oberfläche der Datenbank mit diversen Abfragefunktionen ermöglicht es den Teilnehmern, die Ergebnisse der Werkstoffprüfungen gezielt und auf diese Weise gewinnbringend für die Entwicklung, Planung und Optimierung ihrer Fertigungsanlagen einzusetzen.

Bei der Entwicklung eines automatisierten Reinigungssystems konnte bereits auf das Wissen des Industrieverbunds zurückgegriffen werden. Zur Vermeidung überhöhter, unzulässiger Partikelemissionswerte beim späteren Anlageneinsatz wurden Vorversuche mit möglichen Werkstoffen durchgeführt. Durch das im Industrieverbund entwickelte Prüf- und Bewertungsverfahren konnte die Anzahl in Frage kommender Werkstoffe bereits vor der Anlagenrealisierung eingegrenzt und bewertet werden. Ergebnis ist ein reinheitsgerecht nahezu maßgeschneidertes Reinigungssystem (Bild 2).

Aufgrund der kooperativen Arbeit im Industrieverbund war es möglich, Werkstoffe hinsichtlich deren Eignung für Reinraumanwendungen zu untersuchen. Die Ergebnisse der zahlreichen Prüfungen zur Partikelemission, dem Ausgasungsverhalten und den elektrostatischen Eigenschaften stehen den Partnern des Industrieverbunds exklusiv online im Internet in einer Datenbank zur Verfügung. Die gezielte Auswahl von Werkstoffen für reinheitsgerechte Produktionsanlagen wird damit bereits in der Konzeptionsphase von Anlagen ermöglicht.

Um stets eine möglichst ganzheitliche Bewertung der Werkstoffe hinsichtlich deren Eignung für reinheitstaugliche Produktionsanlagen zu realisieren, sind Erweiterungen der Bewertungsverfahren geplant, z. B. die Untersuchung der Partikelabgabe von Werkstoffen im Vakuum.

Der Industrieverbund freut sich weiterhin auf die Aufnahme neuer Partner, die ihre Anliegen und spezifischen Werkstoffe in die Untersuchungen einbringen, um auch in Zukunft am Puls der Industrie zu bleiben.

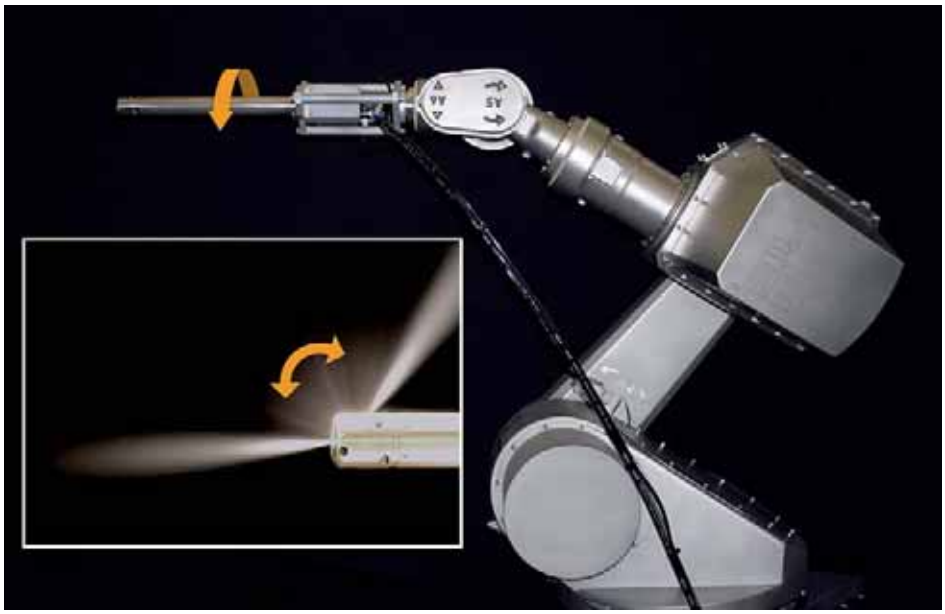


Bild 2 Aufbau eines automatisierten Reinigungssystems, bei welchem die Werkstoffauswahl für die verbauten Bewegungselemente aufgrund von Voruntersuchungen nach dem CSM-Bewertungsverfahren erfolgte.

Ehrendoktor für Prof. Dr. Winfried Sihn

Am 4. April 2007 wurde Prof. Dr. Winfried Sihn, Leiter der Fraunhofer-Projektgruppe für Produktions- und Logistikmanagement PPL in Wien, von der Ss. Cyril and Methodius Universität in Skopje/Mazedonien mit der Ehrendoktorwürde (Dr. h. c.) in einem großen Festakt ausgezeichnet.

Bild 1 Feierliche Verleihung der Ehrendoktorwürde »doctor honoris causa« an Prof. Winfried Sihn (rechts) durch den Rektor der Ss. Cyril and Methodius University Skopje/Mazedonien Prof. Gjorgji Martinovski, Ph. D. (links).

In seiner Laudatio wies Prof. Delco Jovanovski auf die über 20-jährige sehr enge Kooperation zwischen der Universität Skopje und dem Fraunhofer IPA hin, die Prof. Sihn über viele Jahre aktiv unterstützt hat, u. a. auf Expertenforen und durch den Austausch von aktuellen Forschungsergebnissen und in der Durchführung einer Reihe von gemeinsamen Projekten. So bearbeiten die Mitarbeiter der Fraunhofer-Projektgruppe PPL zusammen mit Stuttgarter IPA-Kollegen ein EU-Projekt, in dem ein QM-System für die mazedonischen Universitäten entwickelt wird.

BestPersAward der Universitäten Siegen und dem Saarland

Am 25. Oktober 2007 fand zum fünften Mal der BestPersAward statt. Im Rahmen der Preisverleihung an der Universität Siegen wurden 37 Unternehmen mit dem BestPersZertifikat als Qualitätssiegel für gute Personalarbeit ausgezeichnet. Auch das Fraunhofer IPA konnte gute Ergebnisse erzielen.

Der BestPersAward wird seit 2003 jährlich und künftig im Zweijahrestakt in den Kategorien Strategie und Vision, Personalbeschaffung, Personaleinsatz, Personalentwicklung, Personalführung, Work-Life-Balance, Kommunikation, Entlohnung, Computerisierung sowie Zukunftsfähigkeit verliehen. Er richtet sich an kleine und mittelständische Unternehmen bis 4000 Mitarbeiter und hilft beim Vergleich der Personalarbeit.

Anhand von Fragebogenangaben und eingeschickten Unterlagen wird vom Institut für Marketing und Kommunikation imk und einer sechsköpfigen Jury (Dr. Guido Leidig, Abteilungsleiter BVDM; Dipl.-Kff. Stefanie Müller, Universität des Saarlandes; Monika M. Rösler, Vorstandsvorsitzende der PPM AG; Maria Scholz, PRISMA Prof. Scholz GmbH; Prof. Dr. Christian Scholz, Universität des Saarlandes; Dr. Diether Walz, Gesellschaft für Organisation) wissenschaftlich ermittelt, wer tatsächlich gute Personalarbeit praktiziert und ein guter Arbeitgeber ist. Die Firmen, die eine bestimmte Gesamtpunktzahl erreichen, erhalten das BestPersZertifikat als Qualitätssiegel. Die Gewinner können mit dem Zertifikat kostenlos auf ihrer Firmen-Website oder ihren Kunden- und Lokalmedien werben und sich so als attraktiver Arbeitgeber präsentieren.

In diesem Jahr nahmen 40 kmU teil, insgesamt wurden 37 Zertifikate verliehen. Das Fraunhofer IPA konnte dabei mehrmals unter die besten zehn Plätze kommen. Es erhielt Preise in den Kategorien »Strategie und Vision« (3. Platz), »Personaleinsatz«, »Personalentwicklung« sowie »Kommunikation«. Besonders spannend war auch in diesem Jahr wieder der Kampf um die Plätze 1 bis 3 der Gesamtwertung, den schließlich die DDS Dresdner Direktservice GmbH für sich entscheiden konnte. Die T-Systems Multimedia Solutions GmbH und die Kassenärztliche Vereinigung Bayers K.d.ö.R. folgten mit nur wenigen Punkten Abstand auf den Plätzen 2 und 3.

Entwicklung und Design können miteinander Schritt halten

Jannis Breuninger entwickelt am Fraunhofer IPA im Rahmen seiner Diplomarbeit »Nextep« die neue Generation der Oberschenkelprothese.

Trotz Behinderung Normalität erfahren – das ist für jeden Amputierten ein wichtiges Anliegen. Die moderne Orthopädie-Technik bietet den Betroffenen stets neue Möglichkeiten, trotz ihrer Beeinträchtigung den Alltag zu meistern. Dabei gerät ein wichtiger Aspekt jedoch oftmals in Vergessenheit: das Design der Prothese. Schließlich ist diese ein ständiger Begleiter des Amputierten und sollte sich nicht nur funktional, sondern auch gestalterisch an dessen Lebensstil anpassen.

Dass das Design von modernen Prothesen oftmals der Entwicklung hinterher hinkt, erkannte auch Jannis Breuninger, Absolvent der Hochschule für Gestaltung in Schwäbisch Gmünd. In Zusammen-

Bild 1 Verleihung der Urkunde des 3. Platzes beim »Student Design Award for Rapid Manufacturing« an Jannis Breuninger. (V. l. n. r.): Jürgen Reinholz, Thüringer Minister für Wirtschaft, Technologie und Arbeit (Schirmherr der Rapid.Tech), Jannis Breuninger, Dr. Sven Günther, Leitung Stiftungsverwaltung (STIFT Thüringen), Johann Fuchsgruber, Vorstand Messe Erfurt AG.

arbeit mit dem Fraunhofer IPA entwickelte er im Rahmen seiner Diplomarbeit »Nextep« eine völlig neuartige Oberschenkelprothese, die nur aus zwei Teilen besteht. »Mein Ziel war es, eine Prothese zu entwickeln, die nicht wie ein Fremdkörper wirkt. Mein Entwurf sollte die Form des natürlichen Beins aufnehmen, sie aber nicht imitieren. Gleichzeitig musste sie in Bezug auf die Funktionalität in höchstem Maße an die Bedürfnisse der Amputierten angepasst sein«, erklärt er. Um den Entwurf in ein Modell umzusetzen, bediente sich der 25-Jährige der Rapid-Prototyping-Technologie, einer Kernkompetenz des Fraunhofer IPA. Mit dem generativen Fertigungsverfahren war es möglich, die komplette Prothese auf Basis des CAD-Entwurfs am 3-D-Drucker auszudrucken.

Die Resonanz auf die innovative Verbindung von Industriedesign, Medizintechnik und Rapid-Prototyping ließ nicht lange auf sich warten, die nächste Generation seines Modells ist bereits in Planung. Die in der Orthopädie-Technik einzigartige Zusammenarbeit von industrieller Gestaltung und medizintechnischem Fachwissen macht es erstmals möglich, dass im Bereich der Prothesentechnologie Entwicklung und Design miteinander Schritt halten können.

Weitere Informationen unter:
Jahresbericht 2007, S. 78 f.
www.ipa.fraunhofer.de,
http://rdp.ipa.fraunhofer.de

Gremien 2007

A*Star – Singapore Institute of Manufacturing Technology
• Scientific Advisory Board
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft – Member

acatech – Konvent für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V.
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

American Electroplaters and Surface Finishers Society (AESF)
• International Branch
Dr. Armin Gemmler – Member

Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V.
• Fachausschuss »Eigenspannungen«
Katja Romankiewicz – Mitglied

Austrian Foundation of Quality Management (AFQM)
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Wilfried Sihn – Mitglied im Vorstand

Automated Imaging Association (AIA)
Dr. Kai-Udo Modrich – Mitglied

Automatisierungstechnische Praxis (atp)
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft – Beiratsmitglied

Centrum für Integrative Neurowissenschaften (CIN)
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Vorstandsmitglied

Competenz Centrum Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung e. V. (CC UPOS e. V.)
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
• Fachkollegiat Produktionstechnik
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung (DFO)
• Fachausschuss »Automations- und Prozesstechnik in der Lackierung«
Dieter Ondratschek – Mitglied
• Fachausschuss »Beschichtungsstoffe«
Martin Metzner – Mitglied
• Fachausschuss »Beschichten von Kunststoffen«
Ulrich Hoffmann – Mitglied
• Fachausschuss »Holzbeschichtung«
Ulrich Hoffmann – Mitglied
• Fachausschuss »Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen«
Ulrich Strohbeck – Mitglied
• Fachausschuss »Oberflächenbehandlung von Stahl und Multisubstraten«
Dieter Ondratschek – Mitglied
• Fachausschuss »Qualitätssicherung und Prüfverfahren«
Dr. Matthias Schneider – Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik (DGO)
• Fachausschuss »Chemische Metallabscheidung«
Dr. Armin Gemmler – Mitglied
• Fachausschuss »Forschung«
Martin Metzner – Mitglied
• Fachausschuss »Galvanoformung«
Klaus Schmid – Mitglied
• Fachausschuss »Mikrosysteme«
Dr. Armin Gemmler – Mitglied
• Fachausschuss »Prozesslenkung und Automatisierung« (FAPLA)
Dr. Hans-Jochen Fetzer – Fachausschussleiter

Deutsche Gesellschaft für Geometrie und Grafik (DGfGG)
Dr. Sabine Roth-Koch – Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e. V. (DGfH)
• Fachausschuss »Holzbe- und -verarbeitung«
Ulrich Hoffmann – Mitglied

Deutsche Gesellschaft für Qualität e. V. (DGQ)
Dr. Alexander Schloske – Mitglied
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied
• Delegiertenversammlung
Dr. Alexander Schloske – Delegierter

Deutsche Gesellschaft für Robotik (DGR)
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Mitglied

Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e. V.
• Arbeitsgruppe »Optische Formerfassung«
Dr. Sabine Roth-Koch – Mitglied

Deutsche Kommission Elektrotechnik (DKE)
• Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
– Arbeitskreis 191.0.2 »Präparationsmethoden für die Analyse«
Markus Hornberger – Mitglied

Deutsches Flachdisplay Forum (DFF)
Dr. Wolfgang Schäfer – Mitglied

Deutsches Institut für Normung (DIN)
• Normenausschuss »Fertigungsmittel für Mikrosysteme«
Dirk Schlenker – Mitglied
• Normenausschuss »Heiz- und Raumlufttechnik« (NHRT)
– DIN/VDI Gemeinschaftsausschuss
– Reinraumtechnik (GAA-RR) Fachausschuss 2083 »Reinraumtechnik«
– Blatt 10: »Reinstmedienversorgungssysteme«
Dr. Johann Dorner – Obmann
• Normenausschuss »Kältetechnik«
Dr. Hans-Jochen Fetzer – Mitglied
• Normenausschuss »Maschinenbau« (NAM)
– Fachbereich »Industrielle Automation und Integration« (IAI)
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft – Mitglied
– AA 430.2 »Robotik«
Christian Meyer – Mitglied
• Normenausschuss »Technische Grundlagen« (NATG)
– NA 152-03-02-07 UA »Eindimensionale Längenprüftechnik«
Gerhard Kuhn – Mitglied
• Spiegelausschuss »Reinraumtechnik«
Dr. Udo Gommel – Mitglied

European Machine Vision Association (EMVA)
Dr. Kai-Udo Modrich – Mitglied

FIZ Technik e. V.
• Benutzerrat
Christina Herkommer – Vorsitz

Forschungsvereinigung Qualitätssicherung (FQS)
Dr. Kai-Udo Modrich – Mitglied
• Wissenschaftlicher Beirat
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied des Forschungsbeirats

Forum Qualitätswissenschaften FQM
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Wilfried Sihn – Mitglied

Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
- Fraunhofer-Allianz
  – »Rapid Prototyping«
  Dr. Kai-Udo Modrich – Mitglied
  – »Reinigungstechnik«
  Ralf Grimme – Mitglied
  – »Vision«
  Dr. Kai-Udo Modrich – Mitglied
- Präsidialkreis

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied
- Sprecherkreis Fachinformation

Christina Herkommer – Mitglied
- Strategiekreis »Wissens- und Kommunikationsmanagement«

Klaus-Peter Zeh – Mitglied
- Themenverbund »Nanotechnologie«

Dirk Schlenker – Mitglied
Dr. Wolfgang Schäfer – Mitglied
- Themenverbund »Numerische Simulation von Produkten und Prozessen« (NUSIM)

Dr. Andreas Scheibe – Mitglied
- Verbund Produktion

Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Mitglied

Gesellschaft für Prozessmanagement
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Wilfried Sihn – Mitglied des wissenschaftlichen Beirats

Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e. V. (GFaI)
- Fachausschuss »Angewandte Informatik in der Fügetechnik«

Jochen C. Spingler – Mitglied

Industriearbeitskreis Gratminimierung
Markus Rochowicz – Mitglied

Informatik Verbund Stuttgart (IVS) Geschäftsstelle
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

Institut für Mikroelektronik Stuttgart – IMS CHIPS
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Mitglied des Kuratoriums

International Board of Flexible Automation and Integrated Manufacturing (FAIM)
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Editorial Board

International Federation for Information Processing (IFIP)
- Working Group 5.7 »Integrated in Production Management«

Dr. Hans-Hermann Wiendahl – Full Member

International Federation of Robotics (IFR)
Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Rolf Dieter Schraft – Member of Executive Committee
- Service Robotics Group

Martin Hägele – Chair

International Organization for Standardization (ISO)
- ISO/TC 184/SC 2 »Robots for industrial environments«
  – Advisory Group on mobile service robots
  Martin Hägele – member of the advisory group
  – Robots for Personal Care
  Christopher Parlitz – Mitglied
  – Service Robots
  Christopher Parlitz – Mitglied
- ISO/TC 209/SC/WG 8 »Cleanrooms and associated controlled environments«
  – Part 8: Airborne Molecular Contamination, Mitarbeit bei der Erstellung des 14644-8, German representative
  Dr. Udo Gommel – Mitglied
- ISO/TC 209/SC/WG 9 »Cleanrooms and associated controlled environments«
  – Part 9: Classification of surface particle cleanliness, Mitarbeit bei der Erstellung des 14644-9, German representative
  Dr. Udo Gommel – Mitglied
- ISO/TC 209/WG 4 »Cleanroom Design and Construction«

Dr. Udo Gommel – Spiegelausschussmitglied
- ISO/TC 22/SC 5/WG 12 »Road vehicles – Cleanliness of components of fluid circuits«
  – Fachliche Leitung der deutschen Spiegelgruppe der Work Group 12
  Christian Ernst – Leitung
  – Mitarbeit bei der Erstellung der Norm ISO 16232
  Christian Ernst – Mitglied
  Markus Rochowicz – Mitglied
  – Mitarbeit im Leitungsteam des deutschen Spiegelausschusses zu dieser Norm
  Markus Rochowicz – Mitglied

International Society for Geometry and Graphics (ISGG)
Dr. Sabine Roth-Koch – Member

Japan Robot Association (JARA)
Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Rolf Dieter Schraft – Mitglied

Kompetenznetzwerk »Mikrotechnische Produktion«
Dirk Schlenker – Mitglied

Kuratorium Heinz-Nixdorf-Institut
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

Manufacture Platform
- High-level-group

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

Messe Stuttgart
- Messebeirat »Vision«

Dr. Kai-Udo Modrich – Mitglied

Object Management Group (OMG)
Joachim Seidelmann – Mitglied

Photonics BW
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

RAL – Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.
- Güteausschuss GZ 728 »Gütegemeinschaft Rückproduktion FCKW-haltiger Kühlgerät«

Markus Hornberger – Mitglied

Robotica, International Journal of Information, Education and Research in Robotics and Artificial Intelligence
- Editorial Board

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft – Member

Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI) Europe
- Arbeitsgruppe »Equipment Automation«

Joachim Seidelmann – Technical Architect
- Arbeitsgruppe »Standardisierung für Photovoltaik«

Matthias Meier – Mitglied
- USA

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft – Member

Society of Manufacturing Engineers (SME)
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft – Member

SPS/IPC-Drives
- Fachliche Leitung Kongress

Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl

Step Up – Verein zur Förderung von Effizienz und Produktivität
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Wilfried Sihn – Wissenschaftlicher Beirat

Technical Committee Numerisation 3D
Dr. Sabine Roth-Koch – Member

Technical Committee on Service Robots (IEEE)
Martin Hägele – Co-Chair

The International Academy for Production Engineering (CIRP)
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Fellow Member

Universität Siegen
Zentrum für Sensorsysteme ZESS
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Rolf Dieter Schraft – Mitglied im wissenschaftlichen Beirat

Universität Stuttgart
- Universitätsrat

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – stellv. Vorstitzender
- Fakultät 7 – Maschinenbau
  – Automatisierungstechnik in der Produktion
  Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Studiendekan
- Excellenzcluster-Simulation Technology (SIMTech)

Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Mitglied
- Arbeitsgemeinschaft »Material-wissenschaften«

Dr. Armin Gemmler – Mitglied
- Arbeitsgruppe »Luftreinhaltung«

Dr. Andreas Scheibe – Mitglied
- Arbeitsgruppe »Wissenschaftliches Rechnen«

Dr. Andreas Scheibe – Mitglied
- Vereinigung von Freunden der Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied

Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)
- VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik
  – Fachausschuss 4.8 »Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der Mikrosystem-technik und Nanotechnologie«
  Dr. Johann Dorner – Mitglied

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA)
- Arbeitskreis »Match-X«

Dr. Wolfgang Schäfer – Mitglied
- The German Engineering Federation Organic Electronics Association (OEA)

Dirk Schlenker – Mitglied

Verein Deutscher Ingenieure (VDI)
- Arbeitskreis B7 »Fahrerlose Transportsysteme«

Christoph Schaeffer – Mitglied
- Arbeitskreis VDI 2083
  – Blatt 11 »Qualitätssicherung«
  Christian Ernst – Mitglied
  – Blatt 14 »Chemische Kontamination (AMC/SMC)«
  Dr. Udo Gommel – Mitglied
  – Blatt 15 »Schulung von Reinraumpersonal«
  Dr. Udo Gommel – Mitglied
  – Blatt 16 »Isolatoren, Minienvironments und Separative Devices«
  Dr. Udo Gommel – Mitglied
  – Blatt 17 »Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen«
  Dr. Udo Gommel – Obmann
- Richtlinienausschuss VDI 2083
  – Blatt 9.1 »Reinheitstauglichkeit und Oberflächenreinheit«
  Dr. Udo Gommel – Obmann
- VDI-Gesellschaft (FML)
  – Fachausschuss »Digitale Fabrik«
  Jochen C. Spingler – Mitglied
  Klaus-Peter Zeh – Mitglied
- Fachausschuss »Reinraumtechnik 2083«

Dr. Johann Dorner – Mitglied
Dr. Udo Gommel – Mitglied

- VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB)

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Vorstand und Beirat
Dr. Alexander Schloske – Mitglied
  – Arbeitsgruppe »Richtlinien Fabrikplanung«
  Dr. Klaus Erlach – Sprecher
  – Arbeitskreis »Produktivitätsmanagement«
  Thomas Rist – Mitglied
  – Ausschuss »Öffentlichkeitsarbeit«
  Hubert Grosser – Mitglied
  – Fachausschuss »Fabrikplanung«
  Thomas Rist – Mitglied
  Klaus-Peter Zeh – Mitglied
  – Fachausschuss »Ganzheitliche Produktionssysteme«
  Klaus-Peter Zeh – Mitglied
- VDI-Kompetenzfeld Informationstechnik
  – Fachausschuss »Manufacturing Execution Systems« (MES)
  Dr. Hans-Hermann Wiendahl – Mitglied
- VDI/DGQ
  – »Arbeitskreis zur Förderung der Qualität« (AMP)
  Dr. Alexander Schloske – Leiter
- VDI/VDE – Innovation und Technik
  – AAL – Ambient Assisted Living
  Christoph Schaeffer – Mitglied
- VDI/VDE – Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)
  – Fachbereich 3 »Sensoren und Messsysteme für die Fertigungstechnik« Fachausschuss 3.11 »Prüfmittelüberwachung«
  Gerhard Kuhn – Mitglied
  – Fachausschuss 3.33 »Computertomographie in der dimensionellen Messtechnik«
  Dr. Kai-Udo Modrich – Obmann
  – Fachausschuss 4.13 »Steuerung und Regelung von Robotern«
  Christoph Schaeffer – Mitglied

Vereinigung Deutscher Wissenschaftler e. V.
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Mitglied

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg
- Verein Mikrosystemtechnik Baden-Württemberg (MST BW)

Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Gründungsmitglied
Dr. Johann Dorner – Mitglied

Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik e. V. (WGP)
Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h. Dr.-Ing. e. h. Dr. h. c. mult. Engelbert Westkämper – Mitglied
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl – Mitglied

Wissenschaftsrat Fachverband AMA
Dr. Kai-Udo Modrich – Mitglied

Working Group »Nano Manufacturing«
Dr. Johann Dorner – Koordinator
Dr. Wolfgang Schäfer – Mitglied

Messen 2007

13. bis 15. Februar 2007
LEARNTEC 2007
Messe Karlsruhe
dm-arena, Stand D 132
Themen und Exponate:
- Wissens- und Kompetenzmanagement
- Knowledge Engineering
- Innovative Lernlösungen

8. bis 11. Mai 2007
Control
Sinsheim
Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Gesellschaft
Allianz-Vision
Halle 6, Stand 6306
Themen und Exponate:
Virtual-Reality-Präsentation zur 3-D-Röntgen-Computertomographie

12. bis 14. Juni 2007
MiNaT
Internationale Fachmesse für Feinwerktechnik, Ultrapräzision, Micro- und Nano-Technologien
Messe Stuttgart
ICS, Halle 2, Stand 2B07
Themen und Exponate:
Mikro- und Nanotechnologie (Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Gesellschaft)

3. bis 6. September 2007
22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
FIERA MILANO – Exhibition & Convention Centre, Mailand
Halle 20
Themen und Exponate:
- Vereinzelung von Wafern
- Innovative Automatisierungslösungen für die Photovoltaik
- Anlagen-/Fabrik-Simulation
- Fertigungsoptimierung
- Prozess-Kontroll-Systeme
- Innovative Kontaktierungen

9. bis 11. Oktober 2007
Biotechnica
15th International Trade Fair for Biotechnology
Messe Hannover
Gemeinschaftsstand Fraunhofer Life Sciences
Themen und Exponate:
- Biotechnik-Grundlagen
- Equipment
- Bioinformatik

Anwendungsbereiche
– Pharma/Medizin
– chemische Industrie
– Ernährung
– Landwirtschaft und Umwelt

9. bis 11. Oktober 2007
parts2clean 2007
Neue Messe Stuttgart
Halle 9, Stand C 220, 317
Gemeinschaftsstand Fraunhofer Allianz Reinigungstechnik
Themen und Exponate:
- Technische Sauberkeit
- Kontaminationskontrolle
- Reinheitsmanagement
- Präzisionsreinigung
- CO_2-Schwenkdüse

9. bis 11. Oktober 2007
SEMICON Europa 2007
Neue Messe Stuttgart
Halle 3, Stand 2346
Themen und Exponate:
- Manufacturing Execution Systems (MES)
- Life Cycle Management von Shop-Floor-IT-Lösungen
- Technisches Anforderungsmanagement: Bewertung und Evaluierung von technischen Anforderungen an die Produkte in der Fertigung
- Ramp-up von High-tech-Fertigungen: Vom Prototyp zur Massenfertigung
- Innovative Automatisierungslösungen für die Photovoltaik
- Kontaminationskontrolle/Qualifizierung
- Methoden und Werkzeuge zur Einlastplanung
- Anlagen-/Fabrik-Simulation
- Fertigungsoptimierung

17. bis 19. Oktober 2007
9. Internationales Automobil-Forum GRAZ
Messecenter Graz
Themen und Exponate:
Studie Automotive Region Eastern Europe, Logistikstrukturen, Produktions- und Logistikmanagement

6. bis 8. November 2007
Vision 2007
20. Internationale Fachmesse für industrielle Bildverarbeitung und Identifikationstechnologien
Neue Messe Stuttgart
Halle 4, Stand 4C18
Themen und Exponate:
- Inspektion von Oberflächen – Erfassen von Beschädigungen an Dichtflächen
- Gewindeprüfung und Bohrlochinspektion
- 2-D- und 3-D-Oberflächenprüfung im Prozess
- Smart Vision – Adaptive Kollisionsvermeidung unter Verwendung einer Time-of-Flight-Kamera
- CT-Dienstleistungsangebot

13. bis 16. November 2007
Productronica 2007
Neue Messe München
Halle B6, Stand 504
Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Gesellschaft
Themen und Exponate:
- Handhabungs- und Zuführtechnik
- Mikromontagetechnik
- Dispenstechnik

27. bis 29. November 2007
SPS/IPC/DRIVES
Messe Nürnberg
Halle 8, Stand 302
Themen und Exponate:
- Innovative Steuerungssysteme und -komponenten für die Automatisierung
- Robotersysteme in Produktion und Intralogistik, Serviceroboter
- Industrielle Bildverarbeitung, modellbasierte Objektlageerkennung
- Steuerungstechnik für Werkzeugmaschinen

Veranstaltungen 2007

6. Februar 2007
VDA Band 19 –
Fraunhofer IPA Einführungsseminar
Technische Sauberkeit in der Automobilindustrie – Prüfung der Partikelverunreinigung von Bauteilen
Institutszentrum, Stuttgart

8. Februar 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Wissensmanagement – Lösungen für den Mittelstand
Institutszentrum, Stuttgart

27. Februar 2007
Fraunhofer IPA FMEA-Basis-Workshop
Fehlervermeidung in der Produktentwicklung
Institutszentrum, Stuttgart

13. März 2007
2. Fraunhofer IPA Technologieforum
Roboter in der Intralogistik
Aktuelle Trends, neue Technologien, moderne Anwendungen
Institutszentrum, Stuttgart

14. März 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Werkzeuge des Technologiemanagements
Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co.
Institutszentrum, Stuttgart

22. März 2007
Fraunhofer IPA Seminar
»Taktorientierte Produktion« – die schlanke Lösung für kleine und mittelständische Unternehmen
Institutszentrum, Stuttgart

30. März 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Sauberkeitsgerechte Montage
Institutszentrum, Stuttgart

18. April 2007
VDA Band 19 –
Fraunhofer IPA Einführungsseminar
Technische Sauberkeit in der Automobilindustrie – Prüfung der Partikelverunreinigung von Bauteilen
Institutszentrum, Stuttgart

19. April 2007
Fraunhofer IPA Workshop
FMEA-Experten-Workshop
Institutszentrum, Stuttgart

19. April 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Wertstromoptimierung – Das Ganze sehen, um das Ganze zu verbessern
Institutszentrum, Stuttgart

25. April 2007
2. Fraunhofer Technologieforum
Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter – Chancen, Technologie, Wirtschaftlichkeit
Institutszentrum, Stuttgart

3. Mai 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Montageoptimierung – »One Piece Flow« praktisch umgesetzt
Institutszentrum, Stuttgart

8. Mai 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Wertstromoptimierung – Das Ganze sehen, um das Ganze zu verbessern
Institutszentrum, Stuttgart

8. und 9. Mai 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Fertigen unter reinen Bedingungen – Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung
Institutszentrum, Stuttgart

9. Mai 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Auftragsdurchlaufzeit verkürzen – Schlanke Prozesse in der Administration
Institutszentrum, Stuttgart

15. Mai 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Rüstzeitoptimierung – Flexibel durch minimale Rüstzeiten
Institutszentrum, Stuttgart

22. und 23. Mai 2007
QFD (Quality Function Deployment) –
Fraunhofer IPA Workshop
Gezielte Kundenanforderungen herausarbeiten und Wettbewerbsfähigkeit erhöhen
Institutszentrum, Stuttgart

12. Juni 2007
Fraunhofer IPA Lehrgang in Kooperation mit der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO)
Aktuelle Analysenmethoden in der Galvanotechnik
Theorie und Praxis
Institutszentrum, Stuttgart

13. Juni 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Bearbeiten mit Industrierobotern
Technologien – Anwendungen – Trends
Institutszentrum, Stuttgart

20. Juni 2007
Fraunhofer IPA Forum
Innovationscluster »Digitale Produktion«
Verknüpfung von realer und digitaler Welt: Nutzenpotenziale erkennen und ausschöpfen
Institutszentrum, Stuttgart

21. Juni 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Montageoptimierung – »One Piece Flow« praktisch umgesetzt
Institutszentrum, Stuttgart

26. Juni 2007
VDA Band 19 –
Fraunhofer IPA Einführungsseminar
Technische Sauberkeit in der Automobilindustrie – Prüfung der Partikelverunreinigung von Bauteilen
Institutszentrum, Stuttgart

5. Juli 2007
Fraunhofer IPA Technologieforum
Machine Vision Excellence 2007
Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Produktionen
Institutszentrum, Stuttgart

18. Juli 2007
Fraunhofer IPA FMEA-Basis-Workshop
Fehlervermeidung in der Produktentwicklung
Institutszentrum, Stuttgart

18. und 19. September 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Fertigen unter reinen Bedingungen – Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung
Institutszentrum, Stuttgart

25. September 2007
Fraunhofer IPA Technologieforum
Spritzgießen von Präzisionsteilen – Zukunftsorientierte Qualitätssicherung für die Serienfertigung
Institutszentrum, Stuttgart

26. September 2007
Fraunhofer IPA Seminar
Technische Sauberkeit in der Automobilindustrie – Prüfung der Partikelverunreinigung von Bauteilen
Institutszentrum, Stuttgart

27. September 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Montageoptimierung – »One Piece Flow« praktisch umgesetzt
Institutszentrum, Stuttgart

27. und 28. September 2007
Fraunhofer IPA Seminar
12. Stuttgarter PPS-Tage – »Auftragsmanagement ohne Verschwendung« Reserven mobilisieren – Durchsatz erhöhen
Institutszentrum, Stuttgart

9. Oktober 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Wertstromoptimierung – Das Ganze sehen, um das Ganze zu verbessern
Institutszentrum, Stuttgart

10. Oktober 2007
12. Fraunhofer IPA Anwenderforum Rapid Product Development
Schlanke Prozesse in Prototyping, generativer Fertigung und volumetrischer Messtechnik
Institutszentrum, Stuttgart

11. Oktober 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Werkzeuge des Technologiemanagements – Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co.
Institutszentrum, Stuttgart

16. Oktober 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Rüstzeitoptimierung – Flexibel durch minimale Rüstzeiten
Institutszentrum, Stuttgart

19. Oktober 2007
Fraunhofer IPA Seminar
PIT – Produzieren im Takt – das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen (kmU)
Institutszentrum, Stuttgart

25. Oktober 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Montageoptimierung – »One Piece Flow« praktisch umgesetzt
Institutszentrum, Stuttgart

6. November 2007
Fraunhofer IPA Anwenderforum
Anwenderforum effiziente Montage
Innovative Systeme – intelligente Prozesse – wirtschaftliche Anwendungen
Institutszentrum, Stuttgart

7. November 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Wissensmanagement – Lösungen für den Mittelstand
Institutszentrum, Stuttgart

8. November 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Wertstromoptimierung – Das Ganze sehen, um das Ganze zu verbessern
Institutszentrum, Stuttgart

12. und 13. November 2007
Fraunhofer IPA Kongress in Kooperation mit der Fraunhofer-Projektgruppe für Produktions- und Logistikmanagement PPL u. a.
5. Prozessmanagement Summit der Gesellschaft für Prozessmanagement
SiemensForum Wien, Österreich

12. November 2007
Fraunhofer IPA Seminar im Rahmen des 5. Prozessmanagement Summit
Prozessmanagement »bagger«-leicht erleben – Einstiegserlebnis ins Prozessmanagement
SiemensForum Wien, Österreich

21. November 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Auftragsdurchlaufzeit verkürzen – Schlanke Prozesse in der Administration
Institutszentrum, Stuttgart

27. November 2007
Fraunhofer IPA Seminar
Technische Sauberkeit in der Automobilindustrie – Prüfung der Partikelverunreinigung von Bauteilen
Institutszentrum, Stuttgart

29. November 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Werkzeuge des Technologiemanagements – Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co.
Institutszentrum, Stuttgart

4. Dezember 2007
Fraunhofer IPA Workshop
T-Plan – Fast Start Technology Roadmapping
Institutszentrum, Stuttgart

4. Dezember 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Dünnschicht Photovoltaik – Lösungen für aktuelle und zukünftige Fertigungen
Institutszentrum, Stuttgart

5. Dezember 2007
Fraunhofer IPA Workshop
Industrieroboter schneller und einfacher programmieren – auch ohne Brain-to-Robot-Interface
Institutszentrum, Stuttgart

11. Dezember 2007
Fraunhofer IPA Tagung
Produktentwicklung und -recycling
ElektroG/WEEE/RoHS/EuP und REACh in der Praxis
Vorausschauendes unternehmerisches Handeln für alle Beteiligten der Elektroindustrie und des Elektroaltgeräte-Recyclings
Institutszentrum, Stuttgart

Erteilte Patente, Gebrauchsmuster und Marken 2007

Patente

DE 198 19 054 B4
Verfahren und Vorrichtung zur Montage und Justierung von Bauteilen auf einer Befestigungsunterlage
Erf.: Schwaab, Gerhard; Grimme, Ralf; Lawrenz, Wolfgang

DE 199 32 492 B4
Verfahren zur Steuerung eines Automatikgetriebes für Kraftfahrzeuge
Erf.: Kischkat, Ralf

DE 101 01 327 B4
Schienengebundene, eigenfortbewegungsfähige Vorrichtung
Erf.: Simons, Florian; Schmidt, Peter; Hornemann, Matthias; Schmierer, Gernot; Bräuning, Uwe

DE 101 32 647 B4
Verfahren zur kontrollierten Erfassung des Bearbeitungsweges wenigstens eines Teils eines Stückguts sowie ein diesbezügliches Erfassungssystem
Erf.: Huen, Elsa; Huen, Julien; Stallkamp, Jan

DE 101 34 473 B4
Verfahren zur Beschichtung passivierter metallischer Oberflächen von Bauteilen sowie derart beschichtetes Bauteil
Erf.: Auer, Friedrich; Berg, Siegfried; Bolch, Thomas

EP 1 321 197 B1
Verfahren und Vorrichtung zur Beschichtung von bewegten Substraten
Erf.: Strohbeck, Ulrich; Cudazzo, Markus; Beckmann, Markus; Casu, Sascha

DE 102 44 819 B4
Vorrichtung und Verfahren zur Detektion einer fluoreszierenden Substanz auf einer technischen Oberfläche
Erf.: Adrian, Jörg; Bastiaanse, Marcel

DE 102 46 285 B4
Anordnung und Verfahren zum Beladen eines Laderaumes mit Stückgütern
Erf.: Simons, Florian; Cottone, Norbert

DE 103 27 207 B4
Werkstück und Verfahren zu seiner Herstellung
Erf.: Schäfer, Timo; Schaaf, Walter

DE 103 14 379 B4
Eigenfortbewegungsfähige Vorrichtung
Erf.: Simons, Florian; Schäfer, Thomas; Keil, Wolfhard

DE 103 48 805 B4
Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines Wasserabrasivstrahls
Erf.: Henning, Axel; Jarchau, Michael

EP 1 649 252 B1
Vorrichtung und Verfahren zum dosierten Ausbringen eines viskosen Mediums
Erf.: Othman, Nabih

DE 10 2004 022 202 B4
Vorrichtung zur rotatorischen Relativbewegung um einen Umfangsrand eines Objektes
Erf.: Simons, Florian; Kleinsorgen, Maximilian von; Meyer, Christian

DE 103 55 314 B4
Vorrichtung und Verfahren zur Eindämmung einer Gewässerverschmutzung
Erf.: Kleinsorgen, Maximilian von; Wegener, Kai

DE 10 2004 016 346 B4
Verfahren und Vorrichtung zum dosierten Abscheiden kleinster Mengen von viskosem Material auf einer Oberfläche sowie Dosiervorrichtung
Erf.: Wiedenhöfer, Markus; Gaugel, Tobias

DE 10 2004 010 177 B4
Elektrostatische Fluidisierungsvorrichtung und elektrostatisches Wirbelbadverfahren zur Beschichtung von Substraten mit Beschichtungspulver
Erf.: Cudazzo, Markus; Strohbeck, Ulrich; Casu, Sascha

DE 10 2005 010 380 B4
Greifwerkzeug mit selbstadaptiver Kinematik
Erf.: Wegener, Kai; Simons, Florian; Becker, Ralf

DE 10 2005 003 827 B4
Vorrichtung und Verfahren zur Interaktion zwischen einem Menschen und einer Robotereinheit an einem Roboterarbeitsplatz
Erf.: Schaaf, Walter; Meyer, Christian

DE 10 2005 017 456 B4
Anordnung zur Durchführung koordinierter Bewegungsabläufe bei einer Vielzahl relativ zu einer technischen Oberfläche angeordneter, eigenfortbewegungsfähiger Plattformen
Erf.: Wegener, Kai

DE 10 2005 034 634 B3
Verfahren und Werkzeug zur Reinigung von Kavitäten
Erf.: Zorn, Christof; Grimme, Ralf

DE 10 2005 049 227 B4
Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung der Partikelfracht eines Fluids
Erf.: Grimme, Ralf; Rochowicz, Markus

DE 10 2005 046 160 B3
Roboter-Greifer und Verfahren zu dessen Herstellung
Erf.: Becker, Ralf; Grzesiak, Andrzej

DE 10 2005 051 784 B4
Verfahren zum Transport von Wärme, Signalen oder Stoffen in einer technischen Leitung sowie Mittel zur Durchführung des Verfahrens
Erf.: Cucek, Albert

DE 10 2005 056 846 B4
Linearantrieb mit einem, mit einem Medium befüllbaren, Aktor
Erf.: Becker, Ralf; Grzesiak, Andrzej

DE 10 2006 009 559 B3
Greifervorrichtung sowie Verfahren zu dessen Herstellung
Erf.: Becker, Ralf; Grzesiak, Andrzej; Hofer, Ramon

DE 10 2006 016 314 B3
CO_2-Reinigungslanze mit Schwenkdüse
Erf.: Zorn, Christof; Grimme, Ralf

Marken

EM 005101654
Cleanroom Suitable Materials

Promotionen 2007

14. Februar 2007
Timo Schäfer
Verfahren zur hämmernden Blechumformung mit Industrierobotern

14. Februar 2007
Achim Breckweg
Automatisiertes und prozessüberwachtes Radialchlinchen höherfester Blechwerkstoffe

21. Februar 2007
Kai Wegener
Ein flexibles Greifsystem für Roboterassistenten

22. März 2007
Christoph Runde
Konzeption und Einführung von Virtueller Realität als Komponete der Digitalen Fabrik in Industrieunternehmen

17. April 2007
Lamin Jendoubi
Management mobiler Betriebsmittel unter Einsatz Ubiquitärer Computersysteme in der Produktion

4. Juni 2007
Jörg Niemann
Eine Methodik zum dynamischen Life Cycle Controlling von Produktionssystemen

20. Juni 2007
Axel Henning
Modellierung der Schnittgeometrie beim Schneiden mit dem Wasserstrahlabrasivstrahl

12. Juli 2007
Anna-Katharina Wittenstein
Bedarfssynchrone Leistungsverfügbarkeit in der kundenspezifischen Produktentwicklung

20. November 2007
Stefan Wössner
Verfahren zur intraoperativen Tumordiagnostik am Beispiel der Toraxchirurgie

27. November 2007
Philipp Dreiss
System für die modellbasierte Integration von Anlagen in die Halbleiterfertigung

14. Dezember 2007
Martin Metzner
Korrelation der Verfahrensparameter und des festkörperphysikalischen Aufbaus sowie der makroskopischen Eigenschaften elektrolytisch generierter Chromsysteme

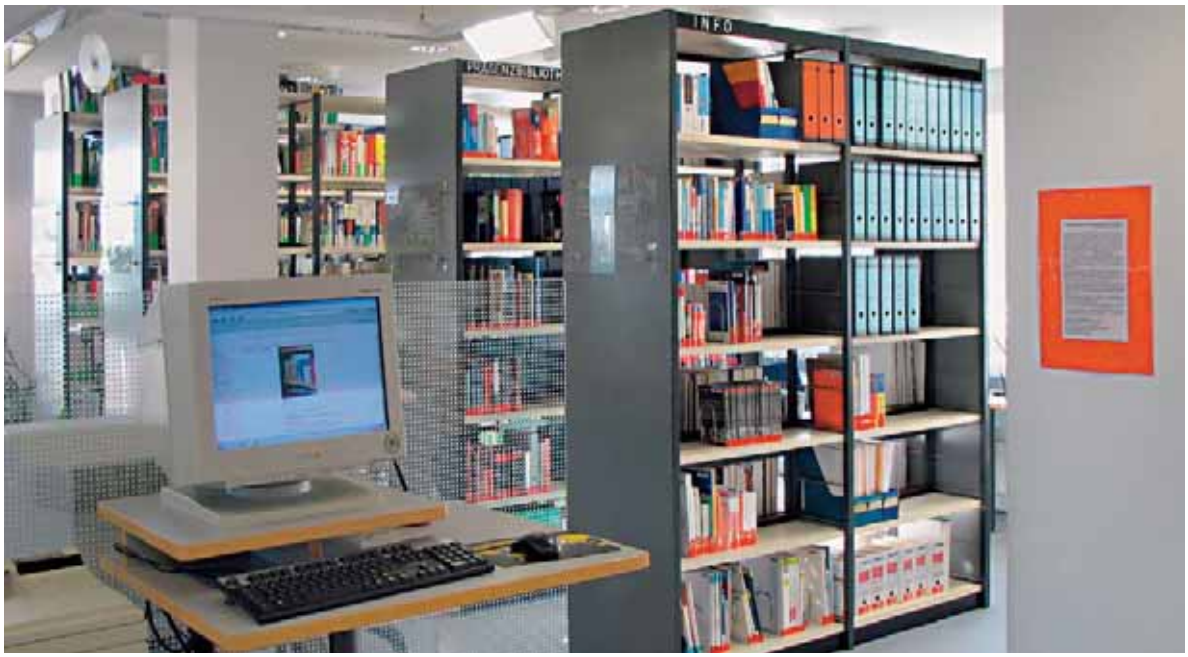
20. Dezember 2007
Markus Decker
Entwicklung eines ganzheitlichen Prognosemodells zur Kompensation von Varianzen in Prozessfolgen mittels Support Vektor Maschinen

Gastwissenschaftler/ Stipendiaten 2007

Daniel Grusek
Hochschule Esslingen – Hochschule für Technik
Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Claus P. Keferstein
NTB Interstaatliche Hochschule für Technik
Schweiz

Fachinformation und Bibliothek



Exzellente Forschungsleistung setzt ein optimales Fachinformationsmanagement voraus. Mit ihrem Service bietet die Stabstelle Fachinformation und Bibliothek eine für das Fraunhofer IPA zugeschnittene Plattform des Ingenieurwissens, die Informationsvorsprung sichert und schnellen Wissenstransfer gewährleistet.

Service
- Recherchen in internationalen Datenbanken und Internet
- Online-Vertragsmanagement und Schulungen
- Geschäftsfeldorientierte Informationsvermittelung
- Publikationsmanagement und -archiv
- Intranet-Informationsportal
- Klassifizierte Bibliotheksdatenbank

Abgeschlossene Projekte 2007
- Aufnahme von Fraunhofer IPA-Patenten in die Bibliotheksdatenbank
- Einführung der DDC22 als neue Klassifikation für Fraunhofer-IPA-Veröffentlichungen
- Bestandsumstrukturierung der Bibliothek
- Konzeption und Durchführung von Publikationsseminaren für Wissenschaftler
- Implementierung der Web-of-Science-Datenbanken als Publikationsinstrument
- Teilnahme am Projekt SAETO – Self-Assessment for Educational and Training Organisations
- Feldtest TecFinder – Suchmaschine für internationale Datenbanken

Weiterbildung und Schulungen
- DDC22
- Genios
- Bibliotheksmanagement
- Web of Knowledge
- Urheberrecht

Teilnahme an Konferenzen/Workshops
- Bibliothekartag Leipzig
- Bibliothekstagung der Max-Planck-Gesellschaft
- Bibliotheksjahrestreffen des AK Bibliotheken und Informationseinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft
- Arbeitstagung der Fachinformationsmanager und Bibliotheksmitarbeiter der Fraunhofer-Gesellschaft
- Usermeeting Fa. Glomas – Bibliothekssoftware
- Workshop Erfolgsmessung in Bibliotheken
- Anwenderbeirat STAR Libraries

Die Leitung des Fachinformationsmanagement ist in institutsinterne Gremien eingebunden und gestaltet im Sprecherkreis Fachinformation die institutsübergreifende Fachinformationslandschaft der Fraunhofer-Gesellschaft mit.

Tagungen, Bücher und Dissertationen

Berger, Stefan (Leitung); Opitz, Michael (Moderation); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Wissensmanagement für den Mittelstand: Fraunhofer IPA Workshop 08. Februar 2007, Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007

Schloske, Alexander (Moderator); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
FMEA Basis-Workshop: Fehlervermeidung in der Produktentwicklung. Fraunhofer IPA Workshop, 27.2.2007, Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Roboter in der Intralogistik: Aktuelle Trends - Neue Technologien - Moderne Anwendungen. Fraunhofer IPA Technologieforum F 144, 13. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Wilhelm-Klauditz-Institut WKI:
Prozesssicheres Recycling von Lacken beim Spritzlackieren: Infotag der Fraunhofer Institute IPA und WKI, 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar, 22. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Erlach, Klaus (Workshopleitung); Cucek, Roman (Workshopleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Produktionsoptimierung - Methode Wertstromoptimierung: Das Ganze sehen, um das Ganze zu verbessern. Workshop, Stuttgart, 24. April 2007.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter: Chancen, Technologie, Wirtschaftlichkeit. Neueste Erkenntnisse und Trends in Materialfluss und mobiler Automation. Fraunhofer IPA Technologieforum, 25. April 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Fimpel, André (Referent); Löffler, Ingo (Referent); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Montageoptimierung - One-Piece-Flow praktisch umgesetzt: Workshop Stuttgart, 3. Mai 2007. Lean Production mit One-Piece-Flow.
Stuttgart, 2007

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007

Opitz, Michael (Leitung); Schöllhammer, Oliver (Leitung); Schneider, Ralph (Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Durchlaufzeit verkürzen - Schlanke Prozesse in der Administration: Workshop, Stuttgart, 09. Mai 2007.
Stuttgart, 2007

Schloske, Alexander (Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Methodische Produktplanung und -entwicklung mit Quality Function Deployment (QFD): Fraunhofer IPA Workshop 22. und 23. Mai 2007, Institutszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik:
Aktuelle Analysenmethoden in der Galvanotechnik: Theorie und Praxis: Workshop 12. Juni 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Bearbeiten mit Industrierobotern: Technologien - Anwendungen - Trends. Fraunhofer IPA Workshop F 148, 13. Juni 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Fimpel, André (Referent); Löffler, Ingo (Referent); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Montageoptimierung - One-Piece-Flow praktisch umgesetzt: Workshop, Stuttgart, 21. Juni 2007. Lean Production mit One-Piece-Flow.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Produktionen: Machine Vision Excellence 2007. Erfahrung - Wissen - Anwendung. Fraunhofer IPA Workshop, 5. Juli 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Schloske, Alexander (Moderator); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
FMEA Basis-Workshop: Fehlervermeidung in der Produktentwicklung. Fraunhofer IPA Workshop, 18. Juli 2007, Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 18. und 19. September 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Spritzgießen von Präzisionsteilen – Zukunftsorientierte Qualitätssicherung für die Serienfertigung: Fraunhofer IPA Technologieforum F 150, 25. September 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Löffler, Ingo (Referent); Fimpel, André (Referent); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Montageoptimierung - One-Piece-Flow praktisch umgesetzt: Workshop, Stuttgart, 27. September 2007. Lean Production mit One-Piece-Flow.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Auftragsmanagement ohne Verschwendung: Reserven mobilisieren - Durchsatz erhöhen. 12. Stuttgarter PPS-Seminar und Workshop F 151, 27. und 28. September 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Erlach, Klaus (Workshopleitung); Cucek, Roman (Workshopleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Produktionsoptimierung - Methode Wertstromoptimierung: Das Ganze sehen, um das Ganze zu verbessern. Workshop, Stuttgart, 9. Oktober 2007.
Stuttgart, 2007

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
12. Fraunhofer IPA Anwenderforum Rapid Product Development / CD-ROM: "Ohne Umwege zum Produkt". Schlanke Prozesse in Prototyping, generativer Fertigung und volumetrischer Messtechnik. Stuttgart, 10. Oktober 2007.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop F 152. 11. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar F 153, 19. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Löffler, Ingo (Referent); Burkard, Christian (Referent); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Montageoptimierung - One-Piece-Flow praktisch umgesetzt: Workshop Stuttgart, 25. Oktober 2007. Lean Production mit One-Piece-Flow.
Stuttgart, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Anwenderforum - Effiziente Montage: Intelligente Prozesse - Innovative Systeme - wirtschaftliche Anwendungen. Fraunhofer IPA Forum F 154, 6. November 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Berger, Stefan (Leitung); Opitz, Michael (Moderation); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Wissensmanagement für den Mittelstand: Fraunhofer IPA Workshop 07. November 2007, Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007

Erlach, Klaus (Workshopleitung); Cucek, Roman (Workshopleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Produktionsoptimierung - Methode Wertstromoptimierung: Das Ganze sehen, um das Ganze zu verbessern. Workshop, Stuttgart, 8. November 2007.
Stuttgart, 2007

Opitz, Michael (Leitung); Schöllhammer, Oliver (Leitung); Schneider, Ralph (Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Durchlaufzeit verkürzen - Schlanke Prozesse in der Administration: Workshop, Stuttgart, 21. November 2007.
Stuttgart, 2007

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
VDA Band 19: Technische Sauberkeit in der Automobilindustrie – Prüfung der Partikelverunreinigung von Bauteilen: Fraunhofer IPA Seminar, 27. November 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007

Phaal, Robert; Laube, Thorsten; Schwandner, Oliver; Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; University of Cambridge <Cambridge, UK> / Centre for Technology Management:
T-Plan - Fast Start Technology Roadmapping: Das Original. Fraunhofer IPA Workshop F 155, 4. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Thin Film Photovoltaics: Solutions for Existing and Future Production Lines. Fraunhofer IPA Workshop F 156, December 4, 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Industrieroboter schneller und einfacher programmieren: auch ohne Brain-to-Robot-Interface. Fraunhofer IPA Workshop F 157, 5. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Verl, Alexander (Hrsg.); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Produktentwicklung und -recycling: ElektroG/WEEE/RoHS/EuP und REACh in der Praxis. Vorausschauendes unternehmerisches Handeln für alle Beteiligten der Elektroindustrie und des Elektroaltgeräte-Recyclings. Fraunhofer IPA Tagung F 158. 11. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007

Adolf, Thomas (Seminarleitung); Pfeffer, Matthias (Seminarleitung); mic - management information center:
Lean Controlling in der Produktion / CD-ROM: Praxis-Seminar, 23. - 24. Januar 2007, Stuttgart.
Landsberg, 2007

Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle:
Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007

Modrich, Kai-Udo (Leitung); OTTI Technik-Kolleg:
Industrielle Bildverarbeitung für fertigungsintegriertes Messen und Prüfen: Seminar, 31.01./01.02.2007, Regensburg.
Regensburg, 2007

Dimitrov, Dimitri (Ed.); Sihn, Wilfried (Int. Programme Committee); Westkämper, Engelbert (Int. Programme Commitee); University of Stellenbosch <Stellenbosch, South Africa> / Department of Industrial Engineering / Global Competitiveness Centre in Engineering; CIRP; South African Institution of Mechanical Engineering:
COMA '07: Proceedings International Conference on Competitive Manufacturing, 31 January - 2 February 2007, Stellenbosch, SA.
Stellenbosch, 2007

Wittenstein, Anna-Katharina (Leitung); Wesoly, Michael (Leitung); mic - management information center; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Lean Office - Wertstromdesign in administrativen Bereichen: Reduzieren sie den Verschwendungsanteil in Ihrem Büroprozess um 30 %. 27. und 28. März 2007, München Dornach.
Landsberg, 2007

mic - management information center; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; u.a.:
Fabrikplanung: Fabrikplanung - schnell, sicher, effizient. 7. Deutsche Fachkonferenz, Esslingen, 22. und 23. Mai 2007.
Esslingen, 2007

Dorner, Johann (Programmkomitee); Westkämper, Engelbert (Programmkommitee); Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau u.a.:
MiNaT - Internationale Fachmesse für Feinwerktechnik, Ultrapräzision, Micro- und Nanotechnologien / CD-ROM: Dienstag, 12. Juni bis Donnerstag, 14. Juni, Stuttgart.
Stuttgart, 2007

Erlach, Klaus (Seminarleitung); Lickefett, Michael (Seminarleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Management Circle:
Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Bundesminister für Bildung und Forschung; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Forschungszentrum Karlsruhe / Projektträgerschaft:
MANUFUTURE Germany Konferenz - die strategische Forschungsagenda Deutschland: Fachkonferenz, 12. September 2007, Berlin.
Berlin, 2007

Schraft, Rolf Dieter (Fachl. Leitung); Feldmann, Klaus (Fachl. Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Schall Kongreß:
Flexible Montagekonzepte hoher Produktivität - Tag 1: Motek Fachseminare, Montag, 24.09.2007.
Stuttgart, 2007

Schraft, Rolf Dieter (Tagungsleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Schall Kongreß:
Flexible Montagekonzepte hoher Produktivität - Tag 3: Motek Fachseminare, Mittwoch, 26.09.2007.
Stuttgart, 2007

Adolf, Thomas (Seminarleitung); Pfeffer, Matthias (Seminarleitung); mic - management information center:
Lean Controlling in der Produktion / CD-ROM: Praxis-Seminar, 09. und 10. Oktober 2007, Köln.
Landsberg, 2007

Barthel, Holger (Vorsitz); management forum; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA:
Kennzahlen und Controlling in der Produktion / CD-ROM: 6. Fachkonferenz, 23. und 24. Oktober 2007 in Ludwigsburg/Stuttgart.
Starnberg, 2007

Gesellschaft für Prozessmanagement; Siemens; Fraunhofer IPA / Projektgruppe Produktionsmanagement und Logistik <Wien>:
PzM Summit 2007 / CD-ROM: SiemensForum Wien. Expertenseminare und Best Practice Vorträge, 12. & 13. November 2007, Wien.
Wien, 2007

Barthel, Holger (Seminarleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; management forum:
Schlanke Logistik nach den Toyota®-Prinzipien / CD-ROM: Optimieren Sie Ihre Produktions- und Beschaffungslogistik. 27. und 28. November 2007, Starnberg.
Starnberg, 2007

Verl, Alexander (Hrsg.); Bender, Klaus (Hrsg.); Schumacher, Walter (Hrsg.); Mesago Messemanagement GmbH:
SPS/IPC/DRIVES 2007: Tagungsband. Elektrische Automatisierung - Systeme und Komponenten. Fachmesse und Kongress, 27.-29. Nov. 2007, Nürnberg.
Berlin; Offenbach: VDE-Verlag, 2007

Brecher, Christian; Verl, Alexander; Krüger, Joachim (Hrsg.); Uhlmann, Eckart Gunter (Hrsg.); RWTH <Aachen> / Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre Lehrstuhl für Produktionssystematik; Universität <Stuttgart> / Inst. für Steuerungstechnik der Werkzeugmasch. und Fertigungseinrichtungen ISW; Technische Universität <Berlin> / Produktionstechnisches Zentrum:
Zuverlässigkeit und Diagnose in der Produktion.
Düsseldorf: VDI Verlag, 2007
(Fortschritt-Berichte VDI: Reihe 2; 663)

Baumunk, Bodo-Michael (Hrsg.) u.a.; Museumsstiftung Post und Telekommunikation; Fraunhofer IPA; Universität <Stuttgart> / Lehrstuhl für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik:
Die Roboter kommen: Mensch - Maschine - Kommunikation.
Heidelberg: Edition Braus, 2007

Bischoff, Jürgen; Barthel, Holger; Eisele, Michael:
Automobilbau mit Zukunft: Konzept und Bausteine für Produktion und Logistik.
Stuttgart: LOG X Verlag, 2007

Erlach, Klaus:
Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik.
Berlin u.a.: Springer, 2007

Kanani, Nasser (Mitarb.); Metzner, Martin (Mitarb.); Romankiewicz, Katja (Mitarb.) u.a.:
Moderne Mess- und Prüfverfahren für metallische und andere anorganische Überzüge.
Renningen-Malmsheim: expert verlag, 2007

Ondratschek, Dieter (Red.):
besser lackieren! Jahrbuch 2008.
65. Jahrgang
Hannover: Vincentz, 2007

Westkämper, Engelbert (Hrsg.):
Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen: Das Stuttgarter Unternehmensmodell.
Berlin u.a.: Springer, 2007

Wiendahl, Hans-Hermann; Mußbach-Winter, Ute; Kipp, Rolf; Fraunhofer IPA; Trovarit AG:
MES - Fertigungssteuerung 2007/2008: Marktspiegel Business Software.
2., überarb. Aufl.
Stuttgart & Aachen, 2007

Wiendahl, Hans-Hermann; Sontow, Karsten; Benesch, Claudia (Mitarb.); Böhmler, Hans-Dieter (Mitarb.); Trovarit AG:
Potenziale Fertigungsplanung und -steuerung: MES das unbekannte Modewort?! Ergebnisse einer Studie.
Aachen, 2007

Breckweg, Achim:
Automatisiertes und prozessüberwachtes Radialclinchen höherfester Blechwerkstoffe.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 453)

Decker, Markus:
Entwicklung eines ganzheitlichen Prognosemodells zur Kompensation von Varianzen in Prozessfolgen mittels Support Vektor Maschinen.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 469)

Dreiss, Philipp:
System für die modellbasierte Integration von Anlagen in die Halbleiterfertigung.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 467)

Freiberger, Stefan:
Prüf- und Diagnosetechnologien zur Refabrikation von mechatronischen Systemen aus Fahrzeugen.
Aachen: Shaker, 2007
(Fortschritte in Konstruktion und Produktion 6).
Bayreuth, Univ., Fak. Angewandte Naturwissenschaften, Lehrstuhl Umweltgerechte Produktionstechnik, Diss., 2007

Helms, Evert:
Roboterbasierte Bahnführungsunterstützung von industriellen Handhabungs- und Bearbeitungsprozessen.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 451)

Hirschmann, Joachim:
Ein Beitrag zur Fehlerfrüh- und Fehlerdiagnose von elektromechanischen Antriebseinheiten in der Automatisierungstechnik.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 461)

Janisch, Christoph:
Hochgeschwindigkeitsverzinkung (HGV) geometrisch komplexer Bauteile.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 465)

Jendoubi, Lamine:
Management mobiler Betriebsmittel unter Einsatz ubiquitärer Computersysteme in der Produktion.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 457)

Niemann, Jörg:
Eine Methodik zum dynamischen Life Cycle Controlling von Produktionssystemen.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 459)

Runde, Christoph:
Konzeption und Einführung von Virtueller Realität als Komponente der Digitalen Fabrik in Industrieunternehmen.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 455)

Schäfer, Timo:
Verfahren zur hämmernden Blechumformung mit Industrieroboter.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 452)

Wegener, Kai:
Ein flexibles Greifsystem für Roboterassistenten im Haushalt.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 456)

Wittenstein, Anna-Katharina:
Bedarfssynchrone Leistungsverfügbarkeit in der kundenspezifischen Produktentwicklung.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 463)

Wößner, Stefan:
Verfahren zur intraoperativen Tumordiagnostik am Beispiel der Thoraxchirurgie.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007
(IPA-IAO Forschung und Praxis 466)

Artikel in Fachzeitschriften

Artikel in Fachzeitschriften (peer-reviewed)

Niemann, Jörg; Westkämper, Engelbert:
Life Cycle Controlling for Manufacturing Systems.
In: Academic Journal of Manufacturing Engineering 5 (2007), Nr. 2, S. 61-66

Roth-Koch, Sabine:
Object Contours in Virtual Conceptual Sketches - Modelling of Perception.
In: International Journal of Computer Applications in Technology 30 (2007), Nr. 3, S. 157-162

Roth-Koch, Sabine; Becker, Ralf:
Rapid Product Development - Design for Rapid Manufacturing.
In: RTejournal - Forum für Rapid Technologie (2007), Nr. 4, urn:nbn:de:0009-2-11680

Scheibe, Andreas; Schneider, Matthias; Westkämper, Engelbert:
A New Approach for the Modelling and Simulation of 3D UV-Curing Processes.
In: Manufacturing Systems 36 (2007), Nr. 1, S. 51-56

Sihn, Wilfried; Schmitz, Klaus:
Extended Multi-Customer Supplier Parks in the Automotive Industry.
In: CIRP Annals Manufacturing Technology 56 (2007), Nr. 1, S. 479-482

Uhlmann, Petra; Frenzel, Ralf; Voit, Brigitte; Mock, Ulrike; Szyszka, Bernd; Schmidt, Burkhard; Ondratschek, Dieter; Gochermann, Josef; Roths, Klaus:
Research agenda surface technology: Future demands for research in the field of coatings materials.
In: Progress in Organics Coatings 58 (2007), Nr. 2-3, S. 122-126

Westkämper, Engelbert:
Strategic Development of Factories under the Influence of Emergent Technologies.
In: CIRP Annals Manufacturing Technology 56 (2007), Nr. 1, S. 419-422

Wiendahl, Hans-Hermann:
Turbulence Germs and their Impact on Planning and Control - Root Causes and Solutions for PPC Design.
In: CIRP Annals Manufacturing Technology 56 (2007), Nr. 1, S. 443-446

Wiendahl, Hans-Peter; ElMaraghy, Hoda A.; Nyhuis, Peter; Zäh, Michael Friedrich; Wiendahl, Hans-Hermann; Duffie, Neil A.; Brieke, Michael:
Changeable Manufacturing - Classification, Design and Operation.
In: CIRP Annals Manufacturing Technology 56 (2007), Nr. 2, S. 783-809

Artikel in Fachzeitschriften (nicht peer-reviewed)

Aldinger, Lars; Hummel, Vera; Westkämper, Engelbert:
Echtzeitfähiges Fabrik-Cockpit: Ein System zur integrierten Unternehmensplanung und -steuerung im produzierenden Mittelstand.
In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 102 (2007), Nr. 1-2, S. 19-21

Aldinger, Lars; Kapp, Ralf; Westkämper, Engelbert:
Echtzeitfähiges Fabrik-Cockpit-System: Implementierung und Sicherung wirtschaftlicher Wandlungsfähigkeit.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 5, S. 358-362

Borrelli, Daniele; Horber, Harald; Verl, Alexander:
Optische Sensoren für die Fügetechnik: Laseroptische Nahtführungssensorik für das automatisierte Metall-Schutzgas-Schweißen.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 5, S. 385-389

Böttinger, Fabian; Fischmann, Christian; Reddig, Kevin; Köpfli, Rolf:
Simulationsgestütze Entscheidungsfindung für die Materialfluss- und Kapazitätsplanung.
In: PPS Management 12 (2007), Nr. 2, S. 40-43

Breckweg, Achim:
Umrüsten vorhandener Nietanlagen auf das Taumelclinchen erhöht die Flexibilität.
In: MM - Das IndustrieMagazin 113 (2007), Nr. 22, S. 54-56

Dworski, Elmar; Aldinger, Lars; Westkämper, Engelbert:
Wandlungsfähiges Fabrikcockpit-System für den produzierenden Mittelstand.
In: Industrie Management 23 (2007), Nr. 6, S. 21-24

Egeler, Ronny:
Mit der Maschine sprechen.
In: Computer & Automation (2007), Nr. 9, S. 52-57

Eisele, Michael:
Schlüsselthemen sind klar definiert: Strategische Forschungsagenda Deutschland für Produktionstechnik fertiggestellt.
In: Intelligenter produzieren (2007), Nr. 5, S. 24-25

Frank, Thorsten; Niemann, Jörg; Westkämper, Engelbert:
Ein Tool zur lebenslangen Kostenüberwachung: Vom Life Cycle Costing zum Life Cycle Controlling.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 7/8, S. 555-559

Gommel, Udo:
Werkstoffe und Materialien reinheitsgerecht verwenden.
In: Mikroproduktion (2007), Nr. 4, S. 54-58

Gommel, Udo; Bürger, Frank; Kreck, Guido:
Werkstoffkombination nach Maß: Werkstoffauswahl für Reinheit und Produktqualität.
In: ReinRaumTechnik 9 (2007), Nr. 2, S. 27-29

Hoffmann, Ulrich:
Anwendung von Nanolacken in der Holzindustrie.
In: Holz (2007), Nr. 3, S. 22-23

Hoffmann, Ulrich:
Innovative UV-Härtung von Lacken auf 3D-Teilen in der Holz verarbeitenden Industrie.
In: Holz (2007), Nr. 6, S. 10, 12

Kempf, Michael:
Bewertung technischer Risiken im Entwicklungsprozess: Wahrscheinlichkeitstheoretischer Ansatz zur Risikoanalyse und -minimierung in der Produktentwicklung.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 1/2, S. 103-106

Kluge, Stefan; Riffelmacher, Philipp; Hummel, Vera; Westkämper, Engelbert:
Montagesystemplanung - ein Handlungsfeld der Lernfabrik für aIE.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 3, S. 150-156

Landenberger, Daniel; Steinhilper, Rolf; Rosemann, Bernd:
Verbesserung der Oberflächengüte durch Bürstspanen.
In: VDI-Z 149 (2007), Nr. 3, S. 67-69

Ledermann, Thomas; Wegener, Kai:
Handhabung von Objekten durch 3D-Objektlageerkennung.
In: Robotworld 2 (2007), Nr. 1, S. 40-41

Mägerle, Oliver; Schloske, Alexander:
FMEA-Risikocontrolling: Entwicklung komplexer und verteilter Produkte.
In: Management und Qualität 3 (2007), Nr. 4, S. 27-29

Mandel, Jörg; Kysel, Marek:
Medzipodnikový systém riadenia objednávok.
In: Logistika (2007), Nr. 3, S. 30-32

Matyas, Kurt; Rosteck, Armin:
Die Kerneigenleistungstiefe in Wertschöpfungsnetzwerken.
In: WINGbusiness 40 (2007), Nr. 2, S. 18-24

Meier, Matthias; Dreiss, Philipp; Seidelmann, Joachim:
Möglichkeiten und Grenzen der Standardisierung produktionsnaher IT.
In: PPS Management 12 (2007), Nr. 4, S. 16-19

Meizer, Felix; Sihn, Wilfried:
Kosten- und Komplexitätsfalle im Produktionsverbund.
In: WINGbusiness 40 (2007), Nr. 2, S. 6-9

Metzner, Martin:
Galvanotechnik für die industrielle Fertigung.
In: Oberflächen - Polysurfaces 48 (2007), Nr. 1, S. 6-9

Meyer, Christian; Hollmann, Rebecca; Parlitz, Christopher; Hägele, Martin:
Programmieren durch Vormachen für Assistenzsysteme - Schweiß- und Klebebahnen intuitiv programmieren.
In: it - Information Technology 49 (2007), Nr. 4, S. 238-246

Meyer, Christian; Hägele, Martin:
Roboter als Schrittmacher der Produktion: Aktuelle Entwicklungen der Industrierobotik für heute und morgen.
In: A&D Automation & Drives (2007), Select Robotik & Automation, S. 26-29

Modrich, Kai-Udo:
Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Produktionen: Aktuelle Entwicklungen im Überblick.
In: Optik & Photonik (2007), Nr. 3, S. 25-31

Modrich, Kai-Udo:
X-ray system measures surface density.
In: Vision Systems Design 12 (2007), Nr. 5, S. 43-47

Neher, Joachim; Schmidberger, Ernst:
Was das Signal weiß: Prognose-Tool für signalbasierte Inline-Qualitätsüberwachung.
In: Qualität und Zuverlässigkeit QZ 52 (2007), Nr. 12, S. 54-55

Neumayer, Dirk; Modrich, Kai-Udo:
Genaue Daten von unzugänglichen Geometrien: Computertomografie-Anlage entwickelt sich zum Messmittel.
In: Qualität und Zuverlässigkeit QZ 52 (2007), Nr. 5, S. 60-61

Ondratschek, Dieter:
Multifunktionale korrosionsschützende Nanoschichten.
In: JOT 47 (2007), Nr. 7, S. 24

Ondratschek, Dieter:
Practical Research and Development of Coating Technologies.
In: Eurailmag (2007), Nr. 15, S. 15

Ondratschek, Dieter; Schneider, Matthias:
Subjective and Objective Evaluation of the Appearance of Large Surfaces.
In: Schiffbauforschung 46 (2007), Nr. 1, S. 98-102

Othman, Nabih:
Präzise und reproduzierbar bei kürzester Dosierzeit: Innovative Ventiltechnik.
In: Adhäsion 51 (2007), Nr. 3, S. 36-38

Paustian, Stephan:
CO2-Schnee statt Powerwasher: Effiziente Reinigung von Kunststoff-Anbauteilen vor dem Lackieren.
In: JOT 47 (2007), Nr. 3, S. 54-57

Puzik, Arnold:
Druckknöpfe für höchstfeste Bleche.
In: Industrieanzeiger 129 (2007), Nr. 31/32, S. 28-29

Puzik, Arnold:
Mit dem Taumelclinchen können hochfeste Bleche wirtschaftlich gefügt werden.
In: MM - Das IndustrieMagazin 113 (2007), Nr. 46, S. 56-59

Rapp, Alexander; Gommel, Udo:
Werkstoffe auf dem Prüfstand: Partikelmesstechnik für die industrielle Auftragsforschung.
In: SterilTechnik 7 (2007), Nr. 2, S. 14-16

Rochowicz, Markus; Ernst, Christian:
Partikelschmutz trotz sauberer Bauteile: Produkt-Reinheit in der Montage.
In: JOT 47 (2007), Nr. 3, S. 48-51

Rochowicz, Markus; Ernst, Christian:
Sauber und rein in der Fertigung: Metallverarbeitung mit Reinraum- und Sauberraumtechnik.
In: mo - Metalloberfläche 61 (2007), Nr. 4, S. 24-27

Romankiewicz, Katja; Schmid, Klaus; Metzner, Martin:
Eigenspannungen als wichtige Kenngröße in der Oberflächentechnik.
In: Galvanotechnik 98 (2007), Nr. 10, S. 2366-2376

Schaeffer, Christoph:
FTS-Trends in Materialfluss und mobiler Automation: Rückblick auf das 2. Stuttgarter Technologieforum.
In: Logistik für Unternehmen 21 (2007), Nr. 6, S. 54-55

Scheibe, Andreas; Westkämper, Engelbert:
Simulation von Lacktrocknern: Ein weiterer Baustein der virtuellen Fabrik.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 6, S. 453-457

Scheibe, Andreas; Steinhilber, Timo; Ye, Qiaoyan; Westkämper, Engelbert:
Simulationsverfahren für eine optimale Luftführung in großräumigen Lackierkabinen.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 6, S. 449-452

Schlenker, Dirk; Othman, Nabih:
Mikrodispensen schafft starke Verbindungen: Systemtechnik für prozesssicheres Mikrodispensen.
In: Mikroproduktion (2007), Nr. 1, S. 20-23

Schloske, Alexander:
Verfahren und Systeme zur Erhöhung der Prozessstabilität.
In: Galvanotechnik 98 (2007), Nr. 6, S. 1380-1387

Schmidberger, Ernst; Neher, Joachim; Gebbert, Thomas:
Brücke zwischen Theorie und Praxis.
In: Plastverarbeiter 58 (2007), Nr. 1, S. 26-27

Schwandner, Oliver; Laube, Thorsten:
Roadmapping für Change Projekte: Technologiegetriebenen Change sichtbar machen.
In: Organisationsentwicklung 26 (2007), Nr. 2, S. 4-9

Spaeth, Birgit:
Lernfabrik zeigt den Weg zur flexiblen Fertigung.
In: VDI Nachrichten 61 (2007), Nr. 25, S. 28

Staab, Harald:
Technischer Muskel für Prothesen.
In: Schweizer Maschinenmarkt 108 (2007), Nr. 21, S. 122-123

Stallkamp, Jan:
Stand der Entwicklungen und Trends im Bereich der operativen Navigation.
In: Endoskopie heute 20 (2007), Nr. 1, S. 78-80

Thöne, Carsten; Schmid, Klaus; Metzner, Martin:
Einfluss von Saccharin auf die Eigenspannungen in Nickelschichten.
In: Galvanotechnik 98 (2007), Nr. 11, S. 2650-2652

Verl, Alexander; Fritsch, Dennis; Ledermann, Thomas; Mütherich, Hendrik:
Greifen und Sehen als Schlüsseltechnologien für Roboter: Flexible Automatisierung von Handhabungs- und Montageaufgaben durch innovative Greifer und intelligente 3-D-Bildverarbeitung.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 9, S. 694-699

Verl, Alexander:
Intelligente Antriebs- und Steuerungstechnik ist entscheidendes Alleinstellungsmerkmal.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 5, S. 300

Wanner, Martin-Christoph; Kunkel, Jan:
Accuracy Control for the Final Finish of Mega-Yachts.
In: Schiffbauforschung 46 (2007), Nr. 1, S. 64-73

Weckenmann, Albert; Westkämper, Engelbert; Niemann, Jörg; Walz, Matthias:
Preis der Toleranz: Rentabilität von Fertigungsprüftechnik.
In: Qualität und Zuverlässigkeit QZ 52 (2007), Nr. 5, S. 150-151

Wegener, Kai; Mütherich, Hendrik:
Flexible Greiferbacken mit konfigurierbaren Fingerstellungen für wechselnde Produkte.
In: MM - Das IndustrieMagazin 113 (2007), Nr. 16, S. 36-38

Weidemann, Björn; Wanner, Martin-Christoph:
Webbasiertes Projekt- und Dokumenten-Management: Kooperative Verbünde in der maritimen Zulieferindustrie.
In: Landestechnologieanzeiger 12 (2007), Nr. 2, S. 8-9

Westkämper, Engelbert:
Die besten Fabriken der Welt.
In: Produktion (2007), Nr. 12, S. 10

Westkämper, Engelbert:
Die Digitale Fabrik - ein Produkt für Produkte: Editorial.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 3, S. 107

Westkämper, Engelbert:
Editorial Intelligenter Produzieren 4/2007.
In: Intelligenter produzieren (2007), Nr. 4, S. 3

Westkämper, Engelbert:
Management der Produktion im turbulenten Umfeld.
In: PPS Management 12 (2007), Nr. 2, S. 70-72

Westkämper, Engelbert:
Mehr Produktionsforschung.
In: Produktion (2007), Nr. 25, S. 4

Westkämper, Engelbert; Wiedenhöfer, Markus; Koncalovic, Kristijan; Schlenker, Dirk:
Mikro-Montage - Werkstücklagen einfach bestimmen: Verfahren zur Bestimmung der Position und Orientierung von Werkstücken aus minimierten 3D-Punktwolken.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 3, S. 108-114

Westkämper, Engelbert; Smolinski, Dirk; Kreck, Guido; Gommel, Udo:
Werkstoffe für den Einsatz in reinen Bereichen: Verfahren zur Beurteilung des Partikelemissionsverhaltens bei tribologischer Belastung.
In: Wt Werkstattstechnik 97 (2007), Nr. 3, S. 130-135

Wiendahl, Hans-Hermann; Fischmann, Christian:
Mitarbeiterqualizifierung für die Produktionslogistik: Logistische Zielkonflikte spielerisch erfahren.
In: Industrie Management 23 (2007), Nr. 2, S. 25-28

Wößner, Johannes F.:
Aufräumen und einfach machen: Reorganisation: Montagelayout effizienter gestalten.
In: Industrieanzeiger 129 (2007), Nr. 11, S. 18

Wößner, Johannes F.:
Portalroboter biegt und verlegt Flachdrähte für Kernspintomographen.
In: MM - Das IndustrieMagazin (2007), Nr. 21, S. 94-95

Weitere Publikationen (Konferenzbeiträge, Vorträge, Poster)

Barthel, Holger:
Anforderungen und Lösungen für eine schlanke Produktionslogistik.
In: Barthel, Holger (Seminarleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Schlanke Logistik nach den Toyota®-Prinzipien / CD-ROM: Optimieren Sie Ihre Produktions- und Beschaffungslogistik. 27. und 28. November 2007, Starnberg.
Starnberg, 2007, 29 Folien

Barthel, Holger:
Kundenorientierte Logistik - Optimierung der logistischen Schnittstelle zum Kunden als Wettbewerbsvorteil.
In: Barthel, Holger (Seminarleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Schlanke Logistik nach den Toyota®-Prinzipien / CD-ROM: Optimieren Sie Ihre Produktions- und Beschaffungslogistik. 27. und 28. November 2007, Starnberg.
Starnberg, 2007, 15 Folien

Barthel, Holger:
Möglichkeiten der Effizienzsteigerung im eigenen Beschaffungsnetzwerk.
In: Barthel, Holger (Seminarleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Schlanke Logistik nach den Toyota®-Prinzipien / CD-ROM: Optimieren Sie Ihre Produktions- und Beschaffungslogistik. 27. und 28. November 2007, Starnberg.
Starnberg, 2007, 14 S.

Barthel, Holger; Westkämper, Engelbert:
Real time Management in Manufacturing: Knowledge-based Factory of the Future.
In: Goncalves, Ricardo (Conference Chair) u.a.; Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias u.a.: Interoperability for Enterprise Software and Applications I-ESA 2007: 3rd International Conference. 26-30 March 2007, Funchal, Portugal.
Funchal, Portugal, 2007, 17 S.

Barthel, Holger:
Die Toyota-Prinzipien.
In: Barthel, Holger (Seminarleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Schlanke Logistik nach den Toyota®-Prinzipien / CD-ROM: Optimieren Sie Ihre Produktions- und Beschaffungslogistik. 27. und 28. November 2007, Starnberg.
Starnberg, 2007, 30 Folien

Barthel, Holger:
Trends und Entwicklungen: Produktionscontrolling im Kontext der Echtzeitfähigen Fabrik.
In: Barthel, Holger (Vorsitz); management forum u.a.: Kennzahlen und Controlling in der Produktion / CD-ROM: 6. Fachkonferenz, 23. und 24. Oktober 2007 in Ludwigsburg/Stuttgart.
Starnberg, 2007, 34 S.

Becker, Ralf:
Produktgestaltung im Rapid Product Development - Design for Rapid Manufacturing.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: 12. Fraunhofer IPA Anwenderforum Rapid Product Development / CD-ROM : "Ohne Umwege zum Produkt". Schlanke Prozesse in Prototyping, generativer Fertigung und volumetrischer Messtechnik.
Stuttgart, 10. Oktober 2007.
Stuttgart, 2007, 11 S.

Becker, Ralf; Grzesiak, Andrzej; Henning, Axel; Kempf, Michael; Westkämper, Engelbert:
Qualitätsmanagement im Rapid Prototyping.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 159-184

Becker, Ralf; Graf, Heiko; Grzesiak, Andrzej; Henning, Axel; Kempf, Michael:
Vernetztes Entwicklungswissen durchgehend nutzen.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 127-130

Becker, Ralf; Graf, Heiko; Grzesiak, Andrzej; Henning, Axel; Kempf, Michael:
Vernetztes Wissen für die interaktive Entwicklung von Prototypen.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 123-127

Bengel, Matthias:
Modelling objects for skill-based reconfigurable machines.
In: FP6 I*PROMS Network of Excellence: Intelligent Production Machines and Systems: 3rd I*PROMS Virtual International Conference, 2007.
(In Druck)

Bengel, Matthias; Abadie, Claude:
Web server-based Control in Applications.
In: Verl, Alexander (Hrsg.) u.a.; Mesago Messemanagement GmbH: SPS/IPC/DRIVES 2007: Tagungsband. Elektrische Automatisierung – Systeme und Komponenten. Fachmesse und Kongress, 27.-29. Nov. 2007, Nürnberg.
Berlin; Offenbach: VDE-Verlag, 2007, S. 337-345

Berger, Stefan:
Ermittlung von Kundenwünschen.
In: Schloske, Alexander (Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Methodische Produktplanung und -entwicklung mit Quality Function Deployment (QFD): Fraunhofer IPA Workshop 22. und 23. Mai 2007, Institutszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007, 17 S.

Berger, Stefan:
QFD für Betreiber.
In: Schloske, Alexander (Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Methodische Produktplanung und -entwicklung mit Quality Function Deployment (QFD): Fraunhofer IPA Workshop 22. und 23. Mai 2007, Institutszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007, 13 S.

Biesinger, Bernd; Westkämper, Engelbert:
Multi Material Modelling von Design- und Funktionsprototypen.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 395-401

Bohnet, Jens; Westkämper, Engelbert:
Oberflächenveredelung von RP-Bauteilen.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 401-412

Bornhäuser, Matthias:
"Taktorientierte Produktion" - das Kernelement des Produktionssystems für Werkstattfertiger.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar, 22. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 37-51

Bornhäuser, Matthias:
"Taktorientierte Produktion" - das Kernelement des Produktionssystems für Werkstattfertiger.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar F 153, 19. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 32-43

Böttinger, Fabian; Fischmann, Christian; Weidele, Stefan; Wertz, Roland:
Improvement of Delivery Times by Dynamic Vehicle Routing in Automated Material Handling Systems for Semiconductor Industry.
In: Zupancic, Borut (Ed.) u.a.; EUROSIM Federation of European Simulation Societies u.a.: EUROSIM 2007: Vol.1: Book of Abstracts. Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, 9. - 13. September 2007, Ljubljana, Slovenia.
Wien, 2007, 7 S.

Boufercha, Nourdin; Schäfer, Wolfgang; Sägebarth, Joachim; Sandmaier, Hermann:
Influences of Nanostructured Interfaces on Microfluidics.
In: Montelius, Lars (Conf. Chair) u.a.; ME France u.a.: 6th NNT' 07: Nanoprint and Nanoprint Technology, October 10-12 2007, Paris, France.
Paris, 2007, 2 S.

Boufercha, Nourdin; Sägebarth, Joachim; Burgard, Matthias; Othman, Nabih; Schäfer, Wolfgang; Sandmaier, Hermann:
Selfassembly of Micro Components with Microfluidics.
In: Gradetsky, Valery (Ed.) u.a.; Russian Academy of Sciences <Moscow> / Institute for Problems in Mechanics: The International Workshop on Micro- and Nano Production Technologies and Systems: Proceedings. Micro- and Nano Production Technologies and Systems, October 17-18, 2007, Moscow, Russia.
Moskau, 2007, S. 44-52

Breckweg, Achim:
Automatisches Clinchen höherfester Blechwerkstoffe.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Bearbeiten mit Industrierobotern: Technologien - Anwendungen - Trends. Fraunhofer IPA Workshop F 148, 13. Juni 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-15

Breckweg, Achim; Meyer, Christian; Drechsler, Klaus; Rüger, Olaf:
Fast and Intuitive Robot Programming for Mandrel Guiding of Braiding Machines for Textile Preforming.
In: Erath, Marc A. (Ed.); SAMPE Europe: The Use of Composites in the 21st Century to Save Energy and Weight / CD-ROM: SEICO 07, 28th SAMPE EUROPE International Conference April 2-4th, 2007, Paris. Proceedings.
Riehen / Basel, CH, 2007, S. 578-584

Breckweg, Achim:
Zukunftsaspekte in der Montage.
In: Verein Deutscher Ingenieure / Weiterbildungszentrum <Stuttgart>: Seminar Montage-Gestaltung: 24. und 25. Mai, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 24 S.

Bürger, Frank:
Messtechniken zur Charakterisierung von Reinräumen.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 19 S.

Connette, Christian P.; Meister, Oliver; Hägele, Martin; Trommer, Gert F.:
Decomposition of Line Segments into Corner and Statistical Grown Line Features in an EKF-SLAM Framework.
In: Institute of Electrical and Electronics Engineers u.a.: IROS 07: 20 Years of Innovative Robotics: Conference Proceedings. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Diego, Oct 29 - Nov 2, 2007.
New Orleans: Omnipress, 2007, S. 3884-3891

Constantinescu, Carmen; Dürr, Mark; Decker, Frank; Westkämper, Engelbert:
Virtual Environment for Collaborative Factory Planning.
In: CIRP u.a.: 40th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems / CD-ROM: Liverpool, 30 May - 1 June, 2007.
Liverpool, 2007, 6 S.

Cudazzo, Markus; Strohbeck, Ulrich:
High-Speed Powder Coating without Spray Guns using UV/EB Technology.
In: RadTech Europe: RadTech 07 Europe / CD-ROM: Europe's event for UV/EB Curing. UV/EB - The Natural Choice. Conference Proceedings, November 13-15 2007, Vienna, Austria.
Hannover: Vincentz, 2007, 23 S.

Denner, Timo:
SWOT-Analyse - Stärken und Schwächen kennen, Chancen nutzen, Risiken minimieren.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, S. 74-80

Denner, Timo:
SWOT-Analyse - Stärken und Schwächen kennen, Chancen nutzen, Risiken minimieren.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop F 152. 11. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 68-74

Drachsler, Knut:
Szenariotechnik - den Blick in die Zukunft wagen.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, S. 28-48

Effenberger, Ira; Kroll, Julia; Stotz, Martin:
Automatisierte Lösungen für den Einsatz der CT in der Messtechnik.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: 12. Fraunhofer IPA Anwenderforum Rapid Product Development / CD-ROM: "Ohne Umwege zum Produkt". Schlanke Prozesse in Prototyping, generativer Fertigung und volumetrischer Messtechnik. Stuttgart, 10. Oktober 2007.
Stuttgart, 2007, 24 S.

Eigenbrod, Hartmut:
Blick in die Zukunft: 3-D-Sensoren auf PMD-Basis zur Objekterkennung und -verfolgung.
In: Bauer, Norbert (Hrsg.); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung / Fraunhofer-Allianz Vision: Industrielle Qualitätssicherung mit Bildverarbeitung: Rückblick – Status - Perspektiven: 10 Jahre Fraunhofer Vision Jubiläumsveranstaltung, 25. und 26. Oktober 2007, Erlangen.
Erlangen, 2007, 10 S.

Eigenbrod, Hartmut:
Oberflächenprüfung im industriellen Umfeld.
In: Modrich, Kai-Udo (Leitung); OTTI Technik-Kolleg: Industrielle Bildverarbeitung für fertigungsintegriertes Messen und Prüfen: Seminar, 31.01./01.02.2007, Regensburg.
Regensburg, 2007, S. 112-124

Erlach, Klaus:
Lean-Bausteine von PIT - Klassische Lean Production-Methoden des Produktionssystems.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar, 22. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 22-36

Erlach, Klaus:
Mit Lean-Bausteinen des Wertstromdesigns das "PIT" gestalten.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar F 153, 19. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 18-31

Erlach, Klaus:
Produktionssysteme und Lean-Bausteine.
In: Erlach, Klaus (Seminarleitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007, 30 S.

Erlach, Klaus:
Die Stanz AG - Ist-Aufnahme und Erarbeitung eines Soll-Zustandes am vereinfachten Beispiel.
In: Erlach, Klaus (Seminarleitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007, 20 S.

Erlach, Klaus:
Wer oder was treibt Technik (an)? - Von der Eigendynamik zur Gestaltungsfreiheit.
In: Kornwachs, Klaus (Hrsg.); acatech - Konvent für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e.V. u.a.: Bedingungen und Triebkräfte Technologischer Innovationen: Beiträge der gemeinsamen Workshops von acatech und der Stiftung Brandenburger Tor in den Jahren 2006 und 2007.
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007, S. 119-140

Erlach, Klaus:
Wertstromdesign für eine komplexe Auftragsabwicklung - Kundenspezifische Produktionen effizient analysieren und schlank gestalten.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Auftragsmanagement ohne Verschwendung: Reserven mobilisieren - Durchsatz erhöhen. 12. Stuttgarter PPS-Seminar und Workshop F 151, 27. und 28. September 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 61-73

Erlach, Klaus:
Die Wertstrommethode - Mit Wertstromdesign zur schlanken Fabrik.
In: Erlach, Klaus (Seminarleitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007, 47 S.

Ernst, Christian:
Flüssigkeitspartikelmessung und Reinstmedien.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 13 S.

Fetzer, Hans-Jochen:
HPLC- und IC-Verfahren in der Galvanotechnik.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Aktuelle Analysenmethoden in der Galvanotechnik: Theorie und Praxis: Workshop 12. Juni 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 25 S.

Fritsch, Dennis; Wegener, Kai; Schraft, Rolf Dieter:
Control of a robotic swarm for the elimination of marine oil pollutions.
In: IEEE Computational Intelligence Society: Proceedings of the 2007 IEEE Swarm Intelligence Symposium: Honolulu, Hawaii, April 1-5, 2007.
Piscataway, NJ: IEEE, 2007, 8 S.

Gommel, Udo:
Assessment of the Cleanroom Suitability of Material Pairings for Use in Cleanroom Applications.
In: Dorner, Johann (Programmkomitee) u.a.; Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau u.a.: MiNaT - Internationale Fachmesse für Feinwerktechnik, Ultrapräzision, Micro- und Nanotechnologien / CD-ROM: Dienstag, 12. Juni bis Donnerstag, 14. Juni, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 23 S.

Gommel, Udo:
Bewertung der Reinraumtauglichkeit von Werkstoffpaarungen für Anwendungen der reinen Produktion.
In: Schweizerische Gesellschaft für Reinraumtechnik: Grundkurs Einführung in die Reinraumtechnik: 12. Juni 2007, Basel, Schweiz.
Zürich, Schweiz, 2007, 23 S.

Gommel, Udo:
Grundlagen der Reinraumtechnik und Personalverhalten - Trends in der reinen Produktion.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 24 S.

Gommel, Udo:
Reinraum- und Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen.
In: Die Akademie Fresenius GmbH: Hygiene im Anlagenbetrieb: Auf dem Prüfstand: die hygienegerechte Lebensmittelproduktion. Fresenius Fachtagung, 19. und 20. September 2007, Köln.
2007, 16 S.

Gommel, Udo:
Reinraumtaugliche Materialien - Aktueller Stand bei der Bewertung der Reinraum- und Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen.
In: VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung: Reinraumtechnik: Innovative Verfahren zum Schutz von Produkten und Personen: Tagung Basel, 23. und 24. Oktober 2007.
Düsseldorf: VDI Verlag, 2007, S. 147-157

Gommel, Udo:
Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 12 S.

Gommel, Udo; Sonntag, Rüdiger:
Robotertechnik für saubere Montageaufgaben.
In: Schraft, Rolf Dieter (Tagungsleitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Flexible Montagekonzepte hoher Produktivität - Tag 3: Motek Fachseminare, Mittwoch, 26.09.2007.
Stuttgart, 2007, 34 S.

Graf, Birgit; Pfeiffer, Kai; Staab, Harald:
Mobile Robots for Offshore Inspection and Manipulation.
In: Society of Petroleum Engineers SPE (Hrsg.): A Changing World – Interdependence, Innovation and Implementation. International Petroleum Technology Conference, Dubai, 4-6 December 2007.
Houston, USA, 2007. (In Druck)

Graf, Birgit; Schraft, Rolf Dieter:
Behavior-based Path Modification for Shared Control of Robotic Walking Aids.
In: Driessen, Bart (General Chair / Ed.) u.a.; Nederlandse Centrale Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek u.a.: Robots care. ICORR '07 / CD-ROM: 10th International Conference on Rehabilitation Robotics, June 12 - June 15, 2007, Noordwijk, Netherlands.
Piscataway, NJ: IEEE Operations Center, 2007, S. 317-322

Graf, Birgit; Schaeffer, Christoph; Verl, Alexander:
Technische Hilfen ermöglichen selbständiges Leben.
In: Bundesminister für Bildung und Forschung u.a.: MikroSystemTechnik Kongress 2007: Proceedings. 15. bis 17. Oktober 2007 in Dresden.
Berlin; Offenbach: VDE-Verlag, 2007, S. 251-256

Grimme, Ralf; Zorn, Christof:
Neue CO2-Werkzeuge und Verfahren zur Innenreinigung von Bauteilen und Bohrlöchern.
In: Krieg, Mark C. (Fach. Koord.); Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK u.a.: Lösungen für den gesamten Reinigungsprozess: 09.-11. Oktober 2007, Stuttgart. Forum begleitend zur parts2clean 2007.
Stuttgart, 2007, 19 Folien

Güttler, Stefan; Gier, Andreas:
Drop-on-demand printing of ceramic pigments for decoration.
In: Vincentz Network: EC European Coatings Conference: The Power of Ink-Jet Materials V. 6-7 December, Berlin.
Berlin, 23 Folien

Hägele, Martin:
Some Challenges in Service Robotics.
In: Robotic Industries Association u.a.: International Robots & Vision Show / CD-ROM: Technical Conference Proceedings. June 12-14, 2007, Rosemont (Chicago), Illinois, USA.
Rosemont (Chicago), Illinois, USA, 2007, 6 S.

Hoffmann, Ulrich:
Anforderungen an die Lackierprozesse.
In: Technische Akademie Wuppertal: Innovative Lackieranlagen planen: Wege zur wirtschaftlichen und beherrschbaren Lackiererei. 17.-18.10.2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 23 Folien

Hoffmann, Ulrich; Simon, Sebastian:
Das DFO-Projekt "Prozesssicheres Lackrecycling".
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Prozesssicheres Recycling von Lacken beim Spritzlackieren: Infotag der Fraunhofer Institute IPA und WKI, 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 14 S.

Hoffmann, Ulrich; Kindsvater, Alexander:
Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen an der Coolac®-Wand und dem Flächenspritzautomat mit Rakelband.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Prozesssicheres Recycling von Lacken beim Spritzlackieren: Infotag der Fraunhofer Institute IPA und WKI, 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 22 S.

Hoffmann, Ulrich:
Fallbeispiele und Planspiele am PC.
In: Technische Akademie Wuppertal: Innovative Lackieranlagen planen: Wege zur wirtschaftlichen und beherrschbaren Lackiererei. 17.-18.10.2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 47 Folien

Hoffmann, Ulrich; Simon, Sebastian:
Fortführung der Entwicklungsarbeiten und Abschlussdiskussion.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Prozesssicheres Recycling von Lacken beim Spritzlackieren: Infotag der Fraunhofer Institute IPA und WKI, 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 9 S.

Hoffmann, Ulrich:
Lackiergerechte Konstruktion und Teileherstellung.
In: Technische Akademie Wuppertal: Innovative Lackieranlagen planen: Wege zur wirtschaftlichen und beherrschbaren Lackiererei. 17.-18.10.2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 44 Folien

Hoffmann, Ulrich:
Planungsmethoden.
In: Technische Akademie Wuppertal: Innovative Lackieranlagen planen: Wege zur wirtschaftlichen und beherrschbaren Lackiererei. 17.-18.10.2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 60 Folien, 26 S.

Hoffmann, Ulrich:
Technologieübersicht.
In: Technische Akademie Wuppertal: Innovative Lackieranlagen planen: Wege zur wirtschaftlichen und beherrschbaren Lackiererei. 17.-18.10.2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 47 Folien, 23 S.

Hollmann, Rebecca:
Programming by Demonstration.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Industrieroboter schneller und einfacher programmieren: auch ohne Brain-to-Robot-Interface. Fraunhofer IPA Workshop F 157, 5. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 93-103

Hornberger, Markus:
Highlights, Rückblick, ExFo 2007 und Ausblick.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Produktentwicklung und -recycling: ElektroG/WEEE/RoHS/EuP und REACh in der Praxis. Vorausschauendes unternehmerisches Handeln für alle Beteiligten der Elektroindustrie und des Elektroaltgeräte-Recyclings. Fraunhofer IPA Tagung F 158. 11. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 15-23

Hornberger, Markus:
Überblick über die internationalen Schadstoffrestriktionen – Beispiel aktueller Stand der EU-RoHS.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Produktentwicklung und -recycling: ElektroG/WEEE/RoHS/EuP und REACh in der Praxis. Vorausschauendes unternehmerisches Handeln für alle Beteiligten der Elektroindustrie und des Elektroaltgeräte-Recyclings. Fraunhofer IPA Tagung F 158. 11. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 24-41

Hornberger, Markus:
Überblick zur Umsetzung der EuP-Richtlinie und das energiebetriebene Produkte-Gesetz (EBPG).
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Produktentwicklung und -recycling: ElektroG/WEEE/RoHS/EuP und REACh in der Praxis. Vorausschauendes unternehmerisches Handeln für alle Beteiligten der Elektroindustrie und des Elektroaltgeräte-Recyclings. Fraunhofer IPA Tagung F 158. 11. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 109-121

Hummel, Vera; Westkämper, Engelbert:
Innovative Learning Environment for Factory Planning and Improvement.
In: Dimitrov, Dimitri (Ed.) u.a.; University of Stellenbosch <Stellenbosch, South Africa> / Department of Industrial Engineering / Global Competitiveness Centre in Engineering u.a.: COMA '07: Proceedings International Conference on Competitive Manufacturing, 31 January - 2 February 2007, Stellenbosch, SA.
Stellenbosch, 2007, S. 473-480

Hüttel, Markus:
Messen im Fertigungstakt.
In: Modrich, Kai-Udo (Leitung); OTTI Technik-Kolleg: Industrielle Bildverarbeitung für fertigungsintegriertes Messen und Prüfen: Seminar, 31.01./01.02.2007, Regensburg.
Regensburg, 2007, S. 166-176

Janz, Danina; Westkämper, Engelbert:
Design to Life Cycle by Value-Oriented Life Cycle Costing.
In: Takata, Shozo; CIRP u.a.: 14th CIRP Conference on Life Cycle Engineering: Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses. 11-13 June 2007, Tokyo, Japan.
Tokyo, 2007, S. 461-466

Janz, Danina:
Vorgehen zur Umsetzung internationaler Stoffverbote im Unternehmen und Integration im Qualitätsmanagement.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Produktentwicklung und -recycling: ElektroG/WEEE/RoHS/EuP und REACh in der Praxis. Vorausschauendes unternehmerisches Handeln für alle Beteiligten der Elektroindustrie und des Elektroaltgeräte-Recyclings. Fraunhofer IPA Tagung F 158. 11. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 42-54

Kaltenbacher, Dominik; Schäfer, Armin; Rodriguez Jorge, Jesus:
Konzeption eines aktiven Nachführsystems zur Justierung implantierbarer Hörgeräte.
In: Wörn, Heinz (Hrsg.) u.a.; Deutsche Gesellschaft für Computer- und Roboter-assistierte Chirurgie u.a.: curac 2007 - Tagungsband: 6. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Computer- und Roboterassistierte Chirurgie. 11.-13. Oktober 2006, Karlsruhe.
Berlin: Pro BUSINESS, 2007, S. 57-60

Kapp, Ralf; Aldinger, Lars; Westkämper, Engelbert:
Real-time Factory Cockpit System: Implementation and Assurance of Economic Transformability.
In: De Silva, Anjali K. M. (Ed.) u.a.; Glasgow Caledonian University <Glasgow, Großbritannien> u.a.: Computer-Aided Production Engineering CAPE 2007: Proceedings of the 20th International Conference. 6 - 8 June 2007, Glasgow, Scotland, UK.
Glasgow, UK, 2007, S. 99-108

Knoll, Gerald; Tolle, Karsten; Guglielmina, Claudia:
Suitable EAI Architectures are necessary to fit Interoperability Challenges of SME's in less developed Countries.
In: Middleware 2007 / CD-ROM: ACM/ IFIP/ USENIX 8th International Middleware Conference, November 26th - 30th 2007, Newport Beach, California, USA.
Newport Beach, 2007, 2 S.

Kreck, Guido:
Reinraumtaugliche Betriebsmittel.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 12 S.

Krüger, Jens; Mannuß, Oliver:
Step by Step mit anschließendem Planspiel - Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen.
In: Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle: Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007, 56 S.

Kuhlang, Peter; Serkis, Paula; Isola, Johanna:
Prozessmanagement "baggerleicht" erleben.
In: Gesellschaft für Prozessmanagement u.a.: PzM Summit 2007 / CD-ROM: SiemensForum Wien. Expertenseminare und Best Practice Vorträge, 12. & 13. November 2007, Wien.
Wien, 2007, 34 Folien

Kuhlang, Peter; Sihn, Wilfried:
The Quick Scan – A new Approach to TQM-Assessment.
In: Majstorovic, Vidosav D. (Ed.); CIRP: Total Quality Management – Advanced and Intelligent Approaches. Fourth International Working Conference, May 27th-30th, 2007, Belgrade, Serbia.
Belgrad, 2007, 5 S.

Laube, Thorsten:
Technologiefrühaufklärung und -Roadmapping - heute wissen, was morgen wichtig ist.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, S. 49-63

Laube, Thorsten:
Zukunft gestalten mit Szenariotechnik.
In: Schloske, Alexander (Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Methodische Produktplanung und -entwicklung mit Quality Function Deployment (QFD): Fraunhofer IPA Workshop 22. und 23. Mai 2007, Institutszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007, 14 S.

Lechler, Armin; Selig, Andreas; Verl, Alexander:
Konzept für ein Testwerkzeug zur schnellen Entwicklung von konformen ethernetbasierten Feldbusgeräten.
In: Verl, Alexander (Hrsg.) u.a.; Mesago Messemanagement GmbH: SPS/IPC/DRIVES 2007: Tagungsband. Elektrische Automatisierung – Systeme und Komponenten. Fachmesse und Kongress, 27.-29. Nov. 2007, Nürnberg.
Berlin; Offenbach: VDE-Verlag, 2007, S. 323-329

Lechler, Armin; Verl, Alexander:
Ein Werkzeug zum Konformitätstest von SERCOS safety Komponenten.
In: Brecher, Christian u.a.; Krüger, Joachim (Hrsg.) u.a.; RWTH <Aachen> / Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre Lehrstuhl für Produktionssystematik u.a.: Zuverlässigkeit und Diagnose in der Produktion.
Düsseldorf: VDI Verlag, 2007, S. 28-38 (Fortschritt-Berichte VDI: Reihe 2; 663).

Ledermann, Thomas:
Bildverarbeitungssysteme für Handhabungsaufgaben im innerbetrieblichen Materialfluss.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Roboter in der Intralogistik: Aktuelle Trends - Neue Technologien - Moderne Anwendungen. Fraunhofer IPA Technologieforum F 144, 13. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 31-44

Ledermann, Thomas:
Flexibel automatisierte Montage von selbstklebenden Dichtungsprofilen.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Anwenderforum - Effiziente Montage: Intelligente Prozesse – Innovative Systeme - wirtschaftliche Anwendungen. Fraunhofer IPA Forum F 154, 6. November 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 103-109

Ledermann, Thomas:
Swarm-based 3-D Pose Recognition in Depth Data for 3-D Bin Picking.
In: Robotic Industries Association u.a.: International Robots & Vision Show / CD-ROM: Technical Conference Proceedings. June 12-14, 2007, Rosemont (Chicago), Illinois, USA.
Rosemont (Chicago), Illinois, USA, 2007, 11 S.

Lickefett, Michael:
Anforderungen aufnehmen - Lösungsansätze systematisch entwickeln: Workshop.
In: Erlach, Klaus (Seminarleitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007, 8 S.

Lickefett, Michael:
Anforderungen und Methoden der Produktionsplanung.
In: Erlach, Klaus (Seminarleitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007, 48 S.

Lickefett, Michael:
Auftragsmanagement ohne Verschwendung - abgestimmte Gestaltung der Produktion, PPS und Organisation.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Auftragsmanagement ohne Verschwendung: Reserven mobilisieren - Durchsatz erhöhen. 12. Stuttgarter PPS-Seminar und Workshop F 151, 27. und 28. September 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-19

Lickefett, Michael:
Lean Production und Produktionsplanung - ein Widerspruch?
In: Erlach, Klaus (Seminarleitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007, 28 S.

Lickefett, Michael:
Produktionssystem "PIT" - Produzieren im Takt.
In: Erlach, Klaus (Seminarleitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Der Lean-Produktionsplaner: Was bedeutet Toyota für die Produktionsplanung? Praxis-Seminar 27. und 28. Juni 2007 in München.
München, 2007, 48 S.

Lickefett, Michael:
Das Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar, 22. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-21

Lickefett, Michael:
Das Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: PIT - Produzieren im Takt: Das schlanke Produktionssystem für kleine und mittelständische Unternehmen. Fraunhofer IPA-Seminar F 153, 19. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-17

Malfatti, Célia F.; Felice, Paulo Isidoro; Menezes, Tiago Lemos; Corte, Daniel Dalla; Ferreira, Carlos Artur; Santos, Claudia Beatriz dos; Holeczek, Harald:
Eletrodeposição De Compósitos Ni/PAni Para Obtenção De Eletrodos Porosos.
In: Brasil H2 Fuel Cell Expo/Seminar 2007: 24-26 September 2007, Curitiba, Brazil.
Curitiba, Brasilien, 2007, 10 S.

Mannuß, Oliver:
Optimierung von Produktentwicklungsprozessen durch administrativen Wertstrom.
In: Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle: Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007, 24 S.

Matyas, Kurt; Rosteck, Armin:
Prozesse selbst durchführen oder fremd vergeben?: Methode zur Ermittlung der Kerneigenleistungstiefe. Schaffung von Grundlagen für Make-Or-Buy-Entscheidungen.
In: Gesellschaft für Prozessmanagement u.a.: PzM Summit 2007 / CD-ROM: SiemensForum Wien. Expertenseminare und Best Practice Vorträge, 12. & 13. November 2007, Wien.
Wien, 2007, 31 Folien

Meier, Matthias:
Exploring Potentials of the Shop Floor IT Landscape for Thin Film Manufacturing.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Thin Film Photovoltaics: Solutions for Existing and Future Production Lines. Fraunhofer IPA Workshop F 156, December 4, 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 72-81

Meier, Matthias; Böttinger, Fabian; Muckenhirn, Ralf; Wiechers, Ortrun; Fischmann, Christian:
An Integrated Approach to Production Logistics and Factory IT Optimization for Photovoltaic Manufacturing.
In: Semiconductor Equipment and Materials International: 3rd Advanced Photovoltaic Manufacturing Technology Conference: Semicon Europa 2007, October 10-11, 2007, Stuttgart.
Brüssel, 2007, 9 S.

Meizer, Felix; Gehart, Thomas:
Lean Administration - Methoden zur Analyse und Gestaltung effizienter Prozesse in indirekten Bereichen.
In: Gesellschaft für Prozessmanagement u.a.: PzM Summit 2007 / CD-ROM: SiemensForum Wien. Expertenseminare und Best Practice Vorträge, 12. & 13. November 2007, Wien.
Wien, 2007, 26 Folien

Merdes, Martin:
Automatisierte Optimierung manueller Montagevorgänge am Beispiel der Leitungssatzmontage.
In: Schraft, Rolf Dieter (Fachl. Leitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Flexible Montagekonzepte hoher Produktivität - Tag 1: Motek Fachseminare, Montag, 24.09.2007.
Stuttgart, 2007, 22 S.

Meyer, Christian; Oberer, Susanne:
Komponenten, Konzepte und Szenarien: Aktuelle Forschungsarbeiten zur Mensch-Roboterkooperation.
In: Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd: Workshop Assistierende Roboter: 31. August 2007, Lengfurt.
Mainz, 2007, 11 S.

Meyer, Christian:
Möglichkeiten und Potenziale der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Anwenderforum - Effiziente Montage: Intelligente Prozesse – Innovative Systeme - wirtschaftliche Anwendungen. Fraunhofer IPA Forum F 154, 6. November 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 86-94

Meyer, Christian:
Roboterprogrammierung - Überblick der Verfahren.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Industrieroboter schneller und einfacher programmieren: auch ohne Brain-to-Robot-Interface. Fraunhofer IPA Workshop F 157, 5. Dezember 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-14

Minichmayr, Jürgen; Morawetz, Christian:
Value Stream Mapping (Seminar 3): Betrachten Sie Prozesse aus Sicht des Wertstroms.
In: Gesellschaft für Prozessmanagement u.a.: PzM Summit 2007 / CD-ROM: SiemensForum Wien. Expertenseminare und Best Practice Vorträge, 12. & 13. November 2007, Wien.
Wien, 2007, 55 Folien

Modrich, Kai-Udo:
3-D Machine Vision Solutions for Bin Picking Applications.
In: Robotic Industries Association u.a.: International Robots & Vision Show / CD-ROM: Technical Conference Proceedings. June 12-14, 2007, Rosemont (Chicago), Illinois, USA.
Rosemont (Chicago), Illinois, USA, 2007, 25 S.

Modrich, Kai-Udo:
Computertomographie - von der Technologie zur industriellen Applikation.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: 12. Fraunhofer IPA Anwenderforum Rapid Product Development / CD-ROM: "Ohne Umwege zum Produkt". Schlanke Prozesse in Prototyping, generativer Fertigung und volumetrischer Messtechnik. Stuttgart, 10. Oktober 2007.
Stuttgart, 2007, 31 S.

Modrich, Kai-Udo:
Griff in die Kiste - Heiliger Gral oder Realität?
In: Schraft, Rolf Dieter (Fachl. Leitung) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Flexible Montagekonzepte hoher Produktivität - Tag 1: Motek Fachseminare, Montag, 24.09.2007.
Stuttgart, 2007, 32 S.

Modrich, Kai-Udo:
Industrielle Bildverarbeitung: Von den Grundlagen zur Anwendung.
In: Modrich, Kai-Udo (Leitung); OTTI Technik-Kolleg: Industrielle Bildverarbeitung für fertigungsintegriertes Messen und Prüfen: Seminar, 31.01./01.02.2007, Regensburg.
Regensburg, 2007, S. 2-28

Modrich, Kai-Udo:
Röntgenprüfung: Messen mit Computertomographie.
In: Bauer, Norbert (Hrsg.); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung / Fraunhofer-Allianz Vision: Industrielle Qualitätssicherung mit Bildverarbeitung: Rückblick – Status - Perspektiven: 10 Jahre Fraunhofer Vision Jubiläumsveranstaltung, 25. und 26. Oktober 2007, Erlangen.
Erlangen, 2007, 19 S.

Modrich, Kai-Udo; Neumayer, Dirk:
Tomolibri - CT als industrielles Messmittel.
In: Bartscher, Markus (Hrsg.); Physikalisch-Technische Bundesanstalt u.a.: Geometriebestimmung mit industrieller Computertomographie: - Aktueller Stand und Entwicklungen. 229. PTB-Seminar, 13./14. März 2007, Braunschweig.
Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2007, S. 233-244

Modrich, Kai-Udo:
Unsichtbares sichtbar machen - Möglichkeiten und Visionen automatisierter Mess- und Prüfsysteme.
In: Friedrich, Renate (Bearb.) u.a.; Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung: 14th DFO Automotive Conference: European Automotive Coating, 8th – 9th May 2007, Bad Kissingen.
Neuss: DFO Service GmbH, 2007, S. 5-11

Modrich, Kai-Udo:
Zukunftsmärkte für die Bildverarbeitung - Beispiel Rumänien: Im Spannungsfeld zwischen Qualität und Kosten.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Produktionen: Machine Vision Excellence 2007. Erfahrung - Wissen - Anwendung. Fraunhofer IPA Workshop, 5. Juli 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-26

Mütherich, Hendrik; Staab, Harald:
Concepts and Designs for Universal Industrial Grippers with Basic Properties of Human Hands.
In: Korea Robotics Society u.a.: ICAR 2007: Proceedings. The 13th International Conference on Advanced Robotics, August 21-24 2007, Jeju, Korea.
Jeju, Korea, 2007, S. 713-718

Naumann, Martin; Wegener, Kai; Schraft, Rolf Dieter:
Control Architecture for Robot Cells to Enable Plug'n'Produce.
In: IEEE Robotics and Automation Society: 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation / DVD : Conference Proceedings. Roma, Italy, 10 - 14 April 2007.
New Orleans: Omnipress, 2007, S. 287-292

Neher, Joachim; Schmidberger, Ernst:
Qualitätsbasierte Überwachung und Regelung von Spritzgießprozessen mit NEPRES.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Spritzgießen von Präzisionsteilen – Zukunftsorientierte Qualitätssicherung für die Serienfertigung: Fraunhofer IPA Technologieforum F 150, 25. September 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 114-137

Neumayer, Dirk:
Der Multisensor-CT Tomolibri.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: 12. Fraunhofer IPA Anwenderforum Rapid Product Development / CD-ROM: "Ohne Umwege zum Produkt". Schlanke Prozesse in Prototyping, generativer Fertigung und volumetrischer Messtechnik. Stuttgart, 10. Oktober 2007.
Stuttgart, 2007, 23 S.

Niemann, Jörg; Westkämper, Engelbert:
Life Cycle Controlling for Manufacturing Systems.
In: Duse, Dan Maniu (Hrsg.) u.a.; Lucian Blaga University of Sibiu <Sibiu, Romania> / Faculty of Engineering u.a.: Proceedings of the 3rd International Conference on Manufacturing Science and Education: European Traditions and Influences in Engineering Creation, 12th - 14th July 2007, Sibiu, Romania.
Sibiu, RO: Editura Universitatii "Lucian Blaga" din Sibiu, 2007, S. 137-138

Niemann, Jörg:
Life Cycle Cost Controlling in Industrial Manufacturing.
In: Fischer Advanced Composite Components: New developments for new aircraft requirements: 4th Technical Colloquium, June 21st, 2007, Salzburg, Austria.
Ried, A, 2007, 19 S.

Oberer, Susanne; Meyer, Christian:
Kollisionsfolgenabschätzung bei der Mensch-Roboter-Kooperation mit einem Seitenaufprall Dummy.
In: DYNAmore GmbH: 6th LS-DYNA Forum: Conference Proceedings. October 11th-12th, 2007, Frankenthal, Germany.
Stuttgart, 2007, S. E-I-35-46

Oberer, Susanne; Schraft, Rolf Dieter:
Robot-Dummy Crash Tests for Robot Safety Assessment.
In: IEEE Robotics and Automation Society: 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation / DVD: Conference Proceedings. Roma, Italy, 10 - 14 April 2007.
New Orleans: Omnipress, 2007, S. 2934-2939

Ondratschek, Dieter:
Lackiergeräte für Flüssiglacke und Automatisierung.
In: Technische Akademie <Wuppertal>: Innovative Lackieranlagen planen: Wege zur wirtschaftlichen und beherrschbaren Lackiererei. 17.-18.10.2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 49 Folien

Ondratschek, Dieter:
Multifunktionale Nanobeschichtungen - Entwicklung produktionsgerechter Beschichtungsprozesse.
In: Friedrich, Renate (Bearb.) u.a.; Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung: 14th DFO Automotive Conference: European Automotive Coating, 8th – 9th May 2007, Bad Kissingen.
Neuss: DFO Service GmbH, 2007, S. 21-31

Ondratschek, Dieter:
Überblick zu den Recyclingtechnolgien und den Entwicklungsprojekten.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Prozesssicheres Recycling von Lacken beim Spritzlackieren: Infotag der Fraunhofer Institute IPA und WKI, 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 7 S.

Opitz, Michael; Steimer, Carolin:
Blended Learning zur Produktschulung in der Medizintechnik - Produktbezogene Wissenstrukturierung und -vermittlung: Erfahrungsbericht über ein Blended Learningprojekt.
In: Bentele, Markus (Hrsg.) u.a.: Mehr Wissen - mehr Erfolg!: 9. Kongress zum IT-gestützten Wissensmanagement. Kongressband zur KnowTech 2007. Frankfurt am Main, 28.-29. November 2007.
Kissing: CMP-WEKA Verlag, 2007, S. 253-257

Palm, Daniel; Sihn, Wilfried:
Surveys on Production and Collaboration Aspects in the Automotive Supply Chain.
In: Dimitrov, Dimitri (Ed.) u.a.; University of Stellenbosch <Stellenbosch, South Africa> / Department of Industrial Engineering / Global Competitiveness Centre in Engineering u.a.: COMA '07: Proceedings International Conference on Competitive Manufacturing, 31 January - 2 February 2007, Stellenbosch, SA.
Stellenbosch, 2007, S. 449-453

Parlitz, Christopher; Amann, Bernd; Hägele, Martin:
Dynamische Satzgenerierung und Sprachausgabe für einen mobilen Serviceroboter.
In: Berns, Karsten (Hrsg.) u.a.: Autonome Mobile Systeme 2007: 20. Fachgespräch, Kaiserslautern, 18./19. Oktober 2007.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 152-157

Parlitz, Christopher; Baum, Winfried; Reiser, Ulrich; Hägele, Martin:
Intuitive Human-Machine-Interaction and Implementation on a Household Robot Companion.
In: Human-Computer Interaction - HCI International 2007 / DVD: Interaction Design and Usability. 12th International Conference, Beijing, China, July 22-27, 2007. Proceedings, Part I.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 922-929

Pfeiffer, Kai:
Innovative Sensortechnik erschließt neue Einsatzfelder für mobile Roboter und FTS.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fahrerlose Transportsysteme (FTS) und mobile Roboter: Chancen, Technologie, Wirtschaftlichkeit. Neueste Erkenntnisse und Trends in Materialfluss und mobiler Automation. Fraunhofer IPA Technologieforum, 25. April 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 84-95

Pfeiffer, Kai:
Mobile Robotics for Off-Shore Automation.
In: Robotic Industries Association u.a.: International Robots & Vision Show / CD-ROM: Technical Conference Proceedings. June 12-14, 2007, Rosemont (Chicago), Illinois, USA.
Rosemont (Chicago), Illinois, USA, 2007, 23 S.

Pfeiffer, Kai; Gebhard, Gernot; Oberer, Susanne:
Sensorsonden für Sicherheits- und Bewachungsroboter: Eine experimentelle Untersuchung.
In: Berns, Karsten (Hrsg.) u.a.: Autonome Mobile Systeme 2007: 20. Fachgespräch, Kaiserslautern, 18./19. Oktober 2007.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 319-322

Pott, Andreas:
Bahngesteuertes Schleifen von Schweißteilen für kerbfreie Oberflächen.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Bearbeiten mit Industrieroboter: Technologien - Anwendungen - Trends. Fraunhofer IPA Workshop F 148, 13. Juni 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 63-74

Reddig, Kevin; Böttinger, Fabian; Köpfli, Rolf:
Planning and Erecting Factories for Mass Manufacturing of Thin Film Photovoltaics.
In: Willeke, Gerhard (Ed.) u.a.; WIP - Renewable Energies: 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference / CD-ROM: The compiled State-of-the-Art of PV Solar Technology and Development. Proceedings of the International Conference held in Milan, Italy, 3-7 September 2007.
München, 2007, S. 2216-2218

Reddig, Kevin:
Supply standards.
In: Semiconductor Equipment and Materials International: 1st SEMI Photovoltaic Fab Managers Forum (PV FMF) in collaboration with Q-Cells: 11-13 March, 2007, Leipzig.
Brüssel, 2007, 9 S.

Reddig, Kevin:
Thin Film Developments for New Companies.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Thin Film Photovoltaics: Solutions for Existing and Future Production Lines. Fraunhofer IPA Workshop F 156, December 4, 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-17

Regin, Johan; Westkämper, Engelbert; Wiesendanger, Tobias; Zimmermann, Jan:
Multiskalige Messstrategien für Mikrosysteme.
In: Bartscher, Markus (Hrsg.); Physikalisch-Technische Bundesanstalt u.a.: Geometriebestimmung mit industrieller Computertomographie: - Aktueller Stand und Entwicklungen. 229. PTB-Seminar, 13./14. März 2007, Braunschweig.
Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2007, S. 245-254

Reiser, Ulrich; Kubacki, Jens:
Using a 3D Time-of-Flight Range Camera for Visual Tracking.
In: Centre National de la Recherche scientifique / Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes: 6th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles / CD-ROM: Symposium Proceedings. 3-5 September 2007, Toulouse, France.
Toulouse, France, 2007, 6 S.

Riffelmacher, Philipp; Kluge, Stefan; Kreuzhage, Rita; Hummel, Vera; Westkämper, Engelbert:
Learning Factory for the Manufacturing Industry: Digital Learning Shell and a Physical Model Factory - iTRAME for Production Engineering and Improvement.
In: De Silva, Anjali K. M. (Ed.) u.a.; Glasgow Caledonian University <Glasgow, Großbritannien> u.a.: Computer-Aided Production Engineering CAPE 2007: Proceedings of the 20th International Conference. 6 - 8 June 2007, Glasgow, Scotland, UK.
Glasgow, UK, 2007, S. 120-131

Rist, Thomas:
Wertstromoptimierte Montage- und Logistikplanung.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Anwenderforum - Effiziente Montage: Intelligente Prozesse – Innovative Systeme - wirtschaftliche Anwendungen. Fraunhofer IPA Forum F 154, 6. November 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 110-126

Rochowicz, Markus:
Contamination control techniques on surfaces.
In: wfk - Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie: IDC 07 - 43rd International Detergency Conference / CD-ROM: Düsseldorf, 24.-26. April 2007.
Krefeld, 2007, S. 551-559

Rochowicz, Markus:
Inspektion technischer Oberflächen.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 15 S.

Rochowicz, Markus:
Produktumgebung und Personal.
In: Märkische Fachhochschule <Lüdenscheid> / Institut für Umformtechnik der mittelständischen Wirtschaft: Technische Sauberkeit von Metalloberflächen: IFU-Seminar 3407 am 8. November 2007 in Lüdenscheid.
Lüdenscheid, 2007, 26 S.

Rochowicz, Markus:
Qualität als Ganzes - VDI 2083.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 5 S.

Rochowicz, Markus:
Sauberkeit als messbares Produktmerkmal.
In: Märkische Fachhochschule <Lüdenscheid> / Institut für Umformtechnik der mittelständischen Wirtschaft: Technische Sauberkeit von Metalloberflächen: IFU-Seminar 3407 am 8. November 2007 in Lüdenscheid.
Lüdenscheid, 2007, 22 Folien

Rochowicz, Markus:
Sauberkeit in der Montage - Die Industrie fordert eine Gestaltungsrichtlinie.
In: Krieg, Mark C. (Fach. Koord.); Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK u.a.: Lösungen für den gesamten Reinigungsprozess: 09.-11. Oktober 2007, Stuttgart. Forum begleitend zur parts2clean 2007.
Stuttgart, 2007, 20 Folien

Roth-Koch, Sabine; Becker, Ralf; Westkämper, Engelbert:
The "Gestaltung" of Products Integrated in to the Rapid Product Development - Innovative Products by Design for Manufacturing.
In: Dimitrov, Dimitri (Ed.) u.a.; University of Stellenbosch <Stellenbosch, South Africa> / Department of Industrial Engineering / Global Competitiveness Centre in Engineering u.a.: COMA '07: Proceedings International Conference on Competitive Manufacturing, 31 January - 2 February 2007, Stellenbosch, SA.
Stellenbosch, 2007, S. 383-388

Roth-Koch, Sabine; Westkämper, Engelbert:
Daten- und informationstechnische Integration des Entwurfsprozesses in die RPD-Prozesskette.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 379-395

Roth-Koch, Sabine; Becker, Ralf:
Rapid Product Development - Design for Rapid Manufacturing: Möglichkeiten des Einsatzes von "Rapid"-Fertigungsverfahren in der Automatisierung- und Robotertechnik.
In: Messe Erfurt: Fachmesse und Anwendertagung für Rapid-Technologie - Rapid.Tech: 22. - 23. Mai 2007, Erfurt.
Erfurt, 2007, 5 S.

Rother, Klemens; Schneider, Matthias; Okamitsu, Jeffrey K.; Gotthold, Stefan:
Simulation Software for an Efficient Layout of 3D-UV Curing Processes.
In: RadTech Europe: RadTech 07 Europe / CD-ROM: Europe's event for UV/EB Curing. UV/EB - The Natural Choice. Conference Proceedings, November 13-15 2007, Vienna, Austria.
Hannover: Vincentz, 2007, 8 S.

Runde, Christoph; Westkämper, Engelbert:
Virtuelle Realität.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 330-333

Runde, Christoph; Westkämper, Engelbert:
Virtuelle Realität als Gestaltungs- und Evaluierungswerkzeug.
In: Bertsche, Bernd (Hrsg.) u.a.; Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 374 "Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping" u.a.: Entwicklung und Erprobung innovativer Produkte - Rapid Prototyping: Grundlagen, Rahmenbedingungen und Realisierung.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 333-345

Sandmaier, Hermann; Schäfer, Wolfgang:
FluidAssem - Selbstmontage von Kleinst-Chips mit Flüssigkeiten.
In: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH u.a.: Mikrosysteme - der Schlüssel für den Zugang zur Nanowelt.
Berlin, 2007, 11 Folien

Santos, Claudia Beatriz dos; Holeczek, Harald; Gobbi, Sílvio José; Jacques, Ricardo; Teischmann, Leila; Strohaecker, Telmo Roberto; Zoppas Ferreira, Jane:
Tribocorrosion Resistance of Plasma Carburizing Stainless Steel AISI 316L and AISI 304 with the STCzelle.
In: DECHEMA u.a.: Eurocorr 2007: The European Corrosion Congress. Book of Abstracts. 9-13 September, Freiburg.
Frankfurt/Main, 2007, 11 S.

Schaeffer, Christoph; Graf, Birgit:
inHaus2 - Mobile Transport- und Assistenzroboter: Einsatzpotenziale und Anforderungen.
In: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung / InHaus Innovationszentrum Intelligente Raum- und Gebäudesysteme: inHaus-Innovationsforum / CD-ROM: Vom Bauen zu Lebensräumen, 28. August 2007, Duisburg.
Duisburg, 2007, 16 S.

Schäfer, Wolfgang:
Micro- and NanoManufacturing (MINAM) Community.
In: Bundesminister für Bildung und Forschung u.a.: EuroNanoForum 2007: Nanotechnology in Industrial Applications. European and International Forum on Nanotechnology. Proceedings, 19-21 June 2007, Düsseldorf.
Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007, S. 214-215

Scheibe, Andreas:
VPS/ESC: Overview of a New Module for Electrostatic Coating.
In: BMW Group u.a.: 4th International VirtualPaintShop® Users Meeting: 1997-2007: 10 Years Towards the Virtual Process Chain in Car Body Painting at CADFEM. 5/6. November, 2007, Munich.
München, 2007, 10 S.

Scheibe, Andreas:
Zwischenergebnisse zum Verbundprojekt "Simulation von Lacktrocknern".
In: Friedrich, Renate (Bearb.) u.a.; Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung: 14th DFO Automotive Conference: European Automotive Coating, 8th – 9th May 2007, Bad Kissingen.
Neuss: DFO Service GmbH, 2007, S. 139-147

Schloske, Alexander:
Grundlagen und normative Anforderungen an die Produktentwickung.
In: Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle: Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007, 48 S.

Schloske, Alexander:
Die Methode Fehler-Prozess-Matrix (FPM).
In: Bonta, Norbert (Leitung); Management Circle: Brennpunkt: Qualitätskosten: Bewerten Sie Erfolg und Wirtschaftlichkeit Ihrer Qualitätsinitiativen. 12. und 13. Juni 2007, Stuttgart.
Eschborn, 2007, 27 S.

Schloske, Alexander:
Die Methode Quality Function Deployment (QFD) - "Step-by-Step".
In: Schloske, Alexander (Leitung); Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Methodische Produktplanung und -entwicklung mit Quality Function Deployment (QFD): Fraunhofer IPA Workshop 22. und 23. Mai 2007, Institutszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft Stuttgart-Vaihingen.
Stuttgart, 2007, 35 S.

Schloske, Alexander:
Methodenintegration in den Produktentwicklungsprozess.
In: Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle: Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007, 49 S.

Schloske, Alexander:
Mit der Fehler-Prozess-Matrix (FPM) komplexe Montageprozesse nach Kosten, Qualität und Produktivität optimieren.
In: IIR Deutschland GmbH: Automotive Quality - konsequentes Qualitätsmanagement entlang der gesamten Prozesskette: IIR-Fachkonferenz 17. und 18. April 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 38 S.

Schloske, Alexander:
Mit der Fehler-Prozess-Matrix (FPM) komplexe Montageprozesse nach Kosten, Qualität und Produktivität optimieren.
In: Verein Deutscher Ingenieure / Weiterbildungszentrum <Stuttgart>: Seminar Montage-Gestaltung: 24. und 25. Mai, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 36 S.

Schloske, Alexander:
Prozessanalyse und statistische Prozessregelung.
In: Wänke, Michael (Leitung); Management Circle: Robuste Prozesse in der Produktion: Prozesse beherschen – Fehler vermeiden - Kosten senken. Seminar, 27. und 28. August 2007, Köln.
Eschborn, 2007, 60 S.

Schloske, Alexander:
Risikomanagement in der Lieferantenkette.
In: Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle: Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007, 44 S.

Schloske, Alexander:
Technische Risikoanalysen in der Produktentwicklung.
In: Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle: Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007, 48 S.

Schloske, Alexander:
Technisches Risikomanagement über den Product-Life-Cycle.
In: IBS AG: 11. IBS:expertenkreis: 25 Jahre Spitzenleistung in Qualität und Produktion. Strategien - Technologien - Lösungen. 07./08. November 2007, Ludwigsburg.
Höhr-Grenzhausen, 2007, 23 S.

Schloske, Alexander:
Zukunftsorientierte Produktentwicklung mit der Methode Szenariotechnik.
In: Schloske, Alexander (Seminarleitung); Management Circle: Qualität in der Entwicklung: Präventive und innovative Methoden. 30. und 31. Januar 2007 in München.
Eschborn, 2007, 26 S.

Schmauz, Günther:
Automated in-situ detection of bio-contamination.
In: wfk - Forschungsinstitut für Reinigungstechnologie: IDC 07 - 43rd International Detergency Conference / CD-ROM: Düsseldorf, 24.-26. April 2007.
Krefeld, 2007, S. 560-568

Schmauz, Günther:
Produkthandhabung, Logistik und Reinraum.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Fertigen unter reinen Bedingungen: Grundlagen, Praxis und Anregungen zur Qualitätssteigerung. Fraunhofer IPA Seminar, 8. und 9. Mai 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 18 S.

Schmid, Klaus:
Einsatzmöglichkeiten statistischer Verfahren zur Prüfung und Bewertung analytischer Methoden.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Aktuelle Analysenmethoden in der Galvanotechnik: Theorie und Praxis: Workshop 12. Juni 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 29 S.

Schmid, Ralph:
MES-Systeme im Überblick - "Funktions- & Branchenschwerpunkte produktionsnaher Software-Werkzeuge".
In: ERP-Forum und Park zur CeBIT 2007: Hannover, 15.-21. März 2007.
Hannover, 2007, 39 S.

Schmitz, Klaus:
Prozessketten in der Automobilindustrie zwischen alten und neuen EU-Mitgliedsstaaten.
In: Gesellschaft für Prozessmanagement u.a.: PzM Summit 2007 / CD-ROM: SiemensForum Wien. Expertenseminare und Best Practice Vorträge, 12. & 13. November 2007, Wien.
Wien, 2007, 25 Folien

Schneider, Matthias:
VPS/UV: Progress, New Findings and Recent Developments.
In: BMW Group u.a.: 4th International VirtualPaintShop® Users Meeting: 1997-2007: 10 Years Towards the Virtual Process Chain in Car Body Painting at CADFEM. 5/6. November, 2007, Munich.
München, 2007, 9 S.

Schwandner, Oliver:
Technologie-Portfolio - Basis für eine Markt- und Technologiestrategie.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop 14. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, S. 64-73

Schwandner, Oliver:
Technologie-Portfolio - Basis für eine Markt- und Technologiestrategie.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Werkzeuge des Technologiemanagements: Portfolio, SWOT, Roadmapping & Co. Fraunhofer IPA Workshop F 152. 11. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 58-67

Sihn, Wilfried; Schmitz, Klaus; Morawetz, Christian; Hornberger, Markus; Dully, Stefan:
Cathode ray tube recycling.
In: KERP Center of Excellence Electronics & Environment: ECO-X: Sustainable Recycling Management & Recycling Network Centrope: Proceedings of the 2nd International Conference. May 9-11, 2007, Vienna.
Wien, 2007, S. 313-316

Sihn, Wilfried; Pressl, Friedrich:
Schlanke Prozesse durch Value Stream Mapping - oder was man vom Toyota Produktionssystem lernen kann!
In: Gesellschaft für Prozessmanagement u.a.: PzM Summit 2007 / CD-ROM: SiemensForum Wien. Expertenseminare und Best Practice Vorträge, 12. & 13. November 2007, Wien.
Wien, 2007, 25 Folien

Sihn, Wilfried:
Die Veränderungen der Lieferanten-Strukturen in den boomenden CEE-Ländern.
In: Stockmar, Jürgen (Moderation) u.a.; Automobilproduktion u.a.: 9. Internationales Automobil-Forum Graz: Information und Kommunikation für die europäische Automobilbranche! 17. bis 19. Oktober 2007, Graz.
Landsberg/Lech: verlag moderne industrie, 2007, 27 S.

Sihn, Wilfried; Schmitz, Klaus; Morawetz, Christian; Hornberger, Markus; Dully, Stefan:
Virtual Recycling Centre Centrope.
In: KERP Center of Excellence Electronics & Environment: ECO-X: Sustainable Recycling Management & Recycling Network Centrope: Proceedings of the 2nd International Conference. May 9-11, 2007, Vienna.
Wien, 2007, S. 25-30

Staab, Harald; Sonnenburg, Arne; Hieger, Christoph:
The DOHELIX-Muscle: A Novel Technical Muscle for Bionic Robots and Actuating Drive Applications.
In: IEEE Robotics and Automation Society u.a.: IEEE Case 2007 / CD-ROM: Third Annual IEEE Conference on Automation Science and Engineering, September 22-25, 2007, Scottsdale, USA.
New Orleans: Omnipress, 2007, S. 306-311

Staab, Harald; Sonnenburg, Arne:
Studies and Guidelines on the Design of the "Dohelix" Technical Muscle.
In: Schilling, K. (Ed.); International Association of Science and Technology for Development u.a.: Proceedings of the 13th IASTED International Conference on Robotics and Applications / CD-ROM: Proceedings of the IASTED International Conference on Telematics, August 29-31, 2007, Würzburg.
Anaheim, u.a.: Acta Press, 2007, S. 82-87

Stotz, Martin:
3D-Objekterkennung auf Basis regelgeometrischer Elemente zur automatisierten Handhabung: Eine Lösung für den Griff in die Kiste.
In: VDI-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik: Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik: Tagung Regensburg, 27. und 28. November 2007.
Düsseldorf: VDI Verlag, 2007, S. 197-203 (VDI-Berichte 1981).

Stotz, Martin:
Erkennen und Greifen ungeordneter Bauteile im Fertigungstakt.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Industrielle Bildverarbeitung für automatisierte Produktionen: Machine Vision Excellence 2007. Erfahrung - Wissen - Anwendung. Fraunhofer IPA Workshop, 5. Juli 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 73-85

Strehler, Martin:
Fast Iterative Plane Detecting in Range Images and its Applications for Mobile Systems.
In: Grün, Armin (Hrsg.) u.a.; Technische Universität <Wien> / Institut für Geodäsie und Geophysik u.a.: Optical 3-D Measurement Techniques VIII - Vol. 1: Applications in GIS, Mapping, Manufacturing, Quality Control, Robotics, Navigation, Mobile Mapping, Medical Imaging, Cultural Heritage, VR Generation and Animation. Papers Presented to the Conference Organized at ETH Zurich, Switzerland, July 9-12, 2007.
Zürich, Schweiz, 2007, S. 124-130

Strohbeck, Ulrich; Cudazzo, Markus:
Pistolenlose Hochgeschwindigkeits-Pulverbeschichtung von MDF-Platten.
In: Institut für Holztechnologie <Dresden> (Hrsg.): Thermoface und Beschichtung: Ehrenkolloquium für Prof. Dr.-Ing. Helmut Bauch. TuB IV, 13. - 14. September 2007, Dresden.
Dresden, 2007, 8 S.

Strohbeck, Ulrich:
Pulverlackiertechnologie.
In: Technische Akademie <Wuppertal>: Innovative Lackieranlagen planen: Wege zur wirtschaftlichen und beherrschbaren Lackiererei. 17.-18.10.2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 90 Folien

Tawakoli, Taghi; Westkämper, Engelbert; Rabiey, Mohammad:
A New Development in Dry Grinding.
In: CIRP u.a.: 40th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems / CD-ROM: Liverpool, 30 May - 1 June, 2007.
Liverpool, 2007, 6 S.

Tawakoli, Taghi; Westkämper, Engelbert; Rasifard, Abdolreza:
Ultrasonic Assisted Dressing of Vitrified CBN Grinding Wheel.
In: CIRP u.a.: 40th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems / CD-ROM: Liverpool, 30 May - 1 June, 2007.
Liverpool, 2007, 6 S.

Thöne, Carsten:
AAS und ICP in der galvanischen Anwendung.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Aktuelle Analysenmethoden in der Galvanotechnik: Theorie und Praxis: Workshop 12. Juni 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 24 S.

Tolle, Karsten; Kiauleikis, Valentinas; Knoll, Gerald; Guglielmina, Claudia; Arezza, Alessandra:
Interoperability Challenges in New Member States Small and Medium Enterprises Require Suitable EAI Architectures.
In: Cardoso, Jorge (Ed.) u.a.; Institute for Systems and Technologies of Information, Control and Communication u.a.: ICEIS 2007 - Proceedings of the Ninth International Conference on Enterprise Information Systems - Volume Software Agents and Internet Computing: Funchal, Madeira, Portugal, June 12 - 16, 2007.
Sebútal, Portugal, 2007, S. 257-260

Verl, Alexander; Hägele, Martin; Schaeffer, Christoph; Graf, Birgit:
Von der Fabrik ins Wohnzimmer - Roboter auf dem Weg in den Alltag.
In: Internationales Forum Mechatronik u.a.: Intelligente mechatronische Systeme: Internationales Forum Mechatronik, 12.-13. September 2007, Winterthur.
Winterthur, 2007, 21 S.

Walther, Michael; Verl, Alexander:
Maschinendiagnose auf Basis von Antriebssignalen.
In: Brecher, Christian u.a.; Krüger, Joachim (Hrsg.) u.a.; RWTH <Aachen> / Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre Lehrstuhl für Produktionssystematik u.a.: Zuverlässigkeit und Diagnose in der Produktion.
Düsseldorf: VDI Verlag, 2007, S. 39-55 (Fortschritt-Berichte VDI: Reihe 2; 663).

Wertz, Roland:
Simulation of Thin Film Manufacturing Logistics.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Thin Film Photovoltaics: Solutions for Existing and Future Production Lines. Fraunhofer IPA Workshop F 156, December 4, 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 36-42

Westkämper, Engelbert:
Anpassungsfähige Fabriken für traditionelle und neue Produkte.
In: mic - management information center u.a.: Fabrikplanung: Fabrikplanung - schnell, sicher, effizient. 7. Deutsche Fachkonferenz, Esslingen, 22. und 23. Mai 2007.
Esslingen, 2007, 24 S.

Westkämper, Engelbert:
Lernfabrik für advanced Industrial Engineering aIE.
In: Deutsche MTM-Vereinigung e.V.: MTM-Bundestagung 2007: Prozessgestaltung und -optimierung mit System. MTM und Wertstrom, 25. Oktober 2007, Stuttgart.
Stuttgart, 2007, 24 S.

Westkämper, Engelbert:
Management der Produktion im turbulenten Umfeld.
In: Fachhochschule Oberösterreich <Hagenberg, Linz, Steyr, Wels>: Wertschaffende Produktionsplanung und -steuerung: Forum Produktion und Management Steyr 2007, 24. Mai 2007, Steyr.
Steyr, 2007, 32 S.

Westkämper, Engelbert:
Null-Fehler-Produktion in Europa.
In: Forschungsgemeinschaft Qualität: Zukunft Qualität - Risiken beherrschen: Tagungsband. FQS-Forschungstagung, 27. September 2007, Braunschweig.
Braunschweig, 2007, S. 95-116

Westkämper, Engelbert:
Optimierungspotentiale in der Produktion ausschöpfen.
In: VDI Kompetenzfeld Informationstechnik u.a.: MES 2007 - Steigerung der Produktivität - ein Beitrag zur Standortsicherung: VDI-Expertenforum, Darmstadt, 28. März 2007.
Düsseldorf, 2007, 11 S.

Westkämper, Engelbert:
Produktion im turbulenten Umfeld.
In: ATZ/MTZ-Konferenz AutomobilMontage 2007: Zukunft AutomobilMontage 2007 - Mensch und Technik im Dialog, 18. und 19. Oktober 2007, Neckarsulm. Tagungsdokumentation.
Wiesbaden: Vieweg, 2007, S. 67-77

Westkämper, Engelbert:
Die strategische Forschungsagenda Deutschland - Ergebnis des Roadmapping Prozesses MANUFUTURE D.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Bundesminister für Bildung und Forschung u.a.: MANUFUTURE Germany Konferenz - die strategische Forschungsagenda Deutschland: Fachkonferenz, 12. September 2007, Berlin.
Berlin, 2007, S. 41-55

Westkämper, Engelbert:
Sustainable Manufacturing.
In: Fórum MANUFUTURE Portugal - Associação Cívica para o Progresso e Desenvolvimento da Indústria Transformadora <Porto, Portugal> u.a.: MANUFUTURE' 2007 Conference / CD-ROM: Constructing a Sustainably Competitive Europe. December 2-4, Porto, Portugal.
Porto, Portugal, 2007, 19 Folien

Westkämper, Engelbert:
Wissensbasierte Produktionssysteme für den Automobilbau.
In: Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren <Stuttgart> u.a.: 7. Internationales Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik - Dokumentation Band I: Stuttgart, 20. und 21. März 2007.
Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 2007, S. 627-639

Wiendahl, Hans-Hermann:
Fast and Reliable Order Management Design Using a Qualitative Approach.
In: Olhager, Jan (Ed.) u.a.; IFIP / TC5 / WG 5.7: Advances in Production Management Systems: International IFIP TC 5, WG 5.7 Conference on Advances in Production Management Systems (APMS 2007), September 17-19, Linköping, Sweden.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 237-244

Wiendahl, Hans-Hermann:
MES das unbekannte Modewort?: Anwenderperspektive und Nutzenerwartungen.
In: VDI Kompetenzfeld Informationstechnik u.a.: MES 2007 - Steigerung der Produktivität - ein Beitrag zur Standortsicherung: VDI-Expertenforum, Darmstadt, 28. März 2007.
Düsseldorf, 2007, 11 S.

Wiendahl, Hans-Hermann:
Planen und Steuern mit MES - Die Anwenderperspektive auf fertigungsnahe Softwarelösungen.
In: IIR Deutschland GmbH: MES Forum 2007 - Manufacturing Execution Systems: Produktionssteigerung durch echtzeitfähiges und integriertes Fertigungs- und Ressourcenmanagement, 30.-31.01.2007, Stuttgart.
Frankfurt/Main: IIR, 2007, 28 S.

Wiendahl, Hans-Hermann:
Schlanke Planung und Steuerung - Die Bedeutung der Lean-Prinzipien für das Auftragsmanagement.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Auftragsmanagement ohne Verschwendung: Reserven mobilisieren - Durchsatz erhöhen. 12. Stuttgarter PPS-Seminar und Workshop F 151, 27. und 28. September 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 87-97

Winkler, Bernd:
Safe Space Sharing Human-Robot Cooperation Using a 3D Time-of-Flight Camera.
In: Robotic Industries Association u.a.: International Robots & Vision Show / CD-ROM: Technical Conference Proceedings. June 12-14, 2007, Rosemont (Chicago), Illinois, USA.
Rosemont (Chicago), Illinois, USA, 2007, 8 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Abläufe transparent machen - IST-Zustand Wertstromdesign.
In: Wesoly, Michael (Leitung) u.a.; management forum: Lean Office: Schlanke Prozesse mit Wertstromdesign. 05./06. Dezember 2006 Ludwigsburg, 22./23. Januar 2007 Starnberg.
Starnberg, 2007, 43 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Erfolgsfaktoren bei der Einführung von Lean Office.
In: Wesoly, Michael (Leitung) u.a.; management forum: Lean Office: Schlanke Prozesse mit Wertstromdesign. 05./06. Dezember 2006 Ludwigsburg, 22./23. Januar 2007 Starnberg.
Starnberg, 2007, 33 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Erfolgsfaktoren bei der Einführung von Lean Office.
In: Wittenstein, Anna-Katharina (Leitung) u.a.; mic – management information center u.a.: Lean Office - Wertstromdesign in administrativen Bereichen: Reduzieren sie den Verschwendungsanteil in Ihrem Büroprozess um 30 %. 27. und 28. März 2007, München Dornach.
Landsberg, 2007, 33 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Lean - eine Philosophie auf der Erfolgsspur.
In: Wesoly, Michael (Leitung) u.a.; management forum: Lean Office: Schlanke Prozesse mit Wertstromdesign. 05./06. Dezember 2006 Ludwigsburg, 22./23. Januar 2007 Starnberg.
Starnberg, 2007, 32 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Lean Office.
In: Wittenstein, Anna-Katharina (Leitung) u.a.; mic – management information center u.a.: Lean Office - Wertstromdesign in administrativen Bereichen: Reduzieren sie den Verschwendungsanteil in Ihrem Büroprozess um 30 %. 27. und 28. März 2007, München Dornach.
Landsberg, 2007, 32 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Methoden und Tools des Lean Office.
In: Wesoly, Michael (Leitung) u.a.; management forum: Lean Office: Schlanke Prozesse mit Wertstromdesign. 05./06. Dezember 2006 Ludwigsburg, 22./23. Januar 2007 Starnberg.
Starnberg, 2007, 44 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Methoden und Tools des Lean Office.
In: Wittenstein, Anna-Katharina (Leitung) u.a.; mic – management information center u.a.: Lean Office - Wertstromdesign in administrativen Bereichen: Reduzieren sie den Verschwendungsanteil in Ihrem Büroprozess um 30 %. 27. und 28. März 2007, München Dornach.
Landsberg, 2007, 44 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Prozessoptimierung in der Administration - weitere Tools.
In: Wesoly, Michael (Leitung) u.a.; management forum: Lean Office: Schlanke Prozesse mit Wertstromdesign. 05./06. Dezember 2006 Ludwigsburg, 22./23. Januar 2007 Starnberg. Starnberg, 2007, 21 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Prozessoptimierung in der Administration - weitere Tools.
In: Wittenstein, Anna-Katharina (Leitung) u.a.; mic – management information center u.a.: Lean Office - Wertstromdesign in administrativen Bereichen: Reduzieren sie den Verschwendungsanteil in Ihrem Büroprozess um 30 %. 27. und 28. März 2007, München Dornach. Landsberg, 2007, 21 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Das synchronisierte Büro - Prozessoptimierung des Wertstroms (SOLL-Zustand Teil 1).
In: Wesoly, Michael (Leitung) u.a.; management forum: Lean Office: Schlanke Prozesse mit Wertstromdesign. 05./06. Dezember 2006 Ludwigsburg, 22./23. Januar 2007 Starnberg. Starnberg, 2007, S. 34 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Das synchronisierte Büro - Prozessoptimierung des Wertstroms (SOLL-Zustand Teil 1).
In: Wittenstein, Anna-Katharina (Leitung) u.a.; mic – management information center u.a.: Lean Office - Wertstromdesign in administrativen Bereichen: Reduzieren sie den Verschwendungsanteil in Ihrem Büroprozess um 30 %. 27. und 28. März 2007, München Dornach. Landsberg, 2007, 26 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Das synchronisierte Büro - Steuerung des Wertstroms (SOLL-Zustand Teil 2).
In: Wesoly, Michael (Leitung) u.a.; management forum: Lean Office: Schlanke Prozesse mit Wertstromdesign. 05./06. Dezember 2006 Ludwigsburg, 22./23. Januar 2007 Starnberg. Starnberg, 2007, 29 S.

Wittenstein, Anna-Katharina; Wesoly, Michael:
Das synchronisierte Büro - Steuerung des Wertstroms (SOLL-Zustand Teil 2).
In: Wittenstein, Anna-Katharina (Leitung) u.a.; mic – management information center u.a.: Lean Office - Wertstromdesign in administrativen Bereichen: Reduzieren sie den Verschwendungsanteil in Ihrem Büroprozess um 30 %. 27. und 28. März 2007, München Dornach. Landsberg, 2007, 29 S.

Wöltje, Kay:
Tools und Techniken zur Planung von Robotersystemen in der Intralogistik.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Roboter in der Intralogistik: Aktuelle Trends - Neue Technologien - Moderne Anwendungen. Fraunhofer IPA Technologieforum F 144, 13. März 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 55-68

Wößner, Johannes:
Trends in der Montage.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) u.a.; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA: Anwenderforum - Effiziente Montage: Intelligente Prozesse – Innovative Systeme - wirtschaftliche Anwendungen. Fraunhofer IPA Forum F 154, 6. November 2007, Stuttgart.
Stuttgart: FpF - Verein zur Förderung produktionstechnischer Forschung, 2007, S. 7-14

Wurst, Karl-Heinz; Verl, Alexander:
Verfahren zur Diagnose an Werkzeugmaschinen.
In: Brecher, Christian u.a.; Krüger, Joachim (Hrsg.) u.a.; RWTH <Aachen> / Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre Lehrstuhl für Produktionssystematik u.a.: Zuverlässigkeit und Diagnose in der Produktion. Düsseldorf: VDI Verlag, 2007, S. 107-115 (Fortschritt-Berichte VDI: Reihe 2; 663).

Ye, Qiaoyan; Pulli, Karlheinz; Steinhilber, Timo; Scheibe, Andreas:
Numerical Simulation of Electrostatic Spray-Painting using Multiple High-Speed Rotary Bell Atomizers.
In: Seibert, K. Werner (Ed.) u.a.; ANSYS, Canonsburg, USA: The Best of Automotive CFD: Proceedings of the 3rd EACC 2007 European Automotive CFD Conference. Frankfurt, Germany, 5th - 6th July 2007.
Lebanon, New Hampshire, USA: Fluent Inc., 2007, S. 337-345

Buchbeiträge

Abele, Thomas; Drathen, Hasso; Kaiser, Ulrich; Laube, Thorsten; Westerkamp, Dieter:
Branchenübergreifende Technologie-Roadmap.
In: Barske, Heiko (Hrsg.) u.a.: Innovationsmanagement / CD-ROM: Produkte, Prozesse, Dienstleistungen.
Düsseldorf: Symposion Publishing, 2007, 21 S.

Abele, Thomas; Freese, Jochen; Laube, Thorsten:
Technologie-Roadmaps.
In: Barske, Heiko (Hrsg.) u.a.: Innovationsmanagement / CD-ROM: Produkte, Prozesse, Dienstleistungen.
Düsseldorf: Symposion Publishing, 2007, 26 S.

Baumgärtner, Otto:
Beschichtungsverfahren, -geräte und -anlagen: Tauchen/Elektrotauchen/ Autophorese.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 195-209

Baumgärtner, Otto:
Praxistipps für wirtschaftliche und innovative Lackierprozesse: KTL-Prozess online kontrollieren.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 477-479

Baumgärtner, Otto:
Trocknen: Hochfrequenztrocknung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 275-279

Cudazzo, Markus; Klein, Wolfgang:
Arbeitssicherheit beim Lackieren: Gefährliche Arbeitsstoffe und Schutzmaßnahmen beim Lackieren.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 573-584

Cudazzo, Markus; Strohbeck, Ulrich:
Neue Prozess- und Geräteentwicklungen: Schnelle Aufschmelz- und Vernetzungsprozesse für kompakte Pulverbeschichtungsanlagen.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 487-495

Cudazzo, Markus; Strohbeck, Ulrich:
Praxistipps für wirtschaftliche und innovative Lackierprozesse: Neue Prüfmethoden zum prozesssicheren Pulverlackieren.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 480-481

Durst, Werner:
Praxistipps für wirtschaftliche und innovative Lackierprozesse: Stahlschweißkonstruktionen optimal vorbehandeln.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 468-471

Eigenbrod, Hartmut; Modrich, Kai-Udo:
In-Prozess-Kontaminationskontrolle mittels NIR-Systemen.
In: Bauer, Norbert (Hrsg.); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung / Fraunhofer-Allianz Vision: Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung: Qualitätssicherung in der Praxis.
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007, S. 152-154

Frey, Rudolf; Kimmich, Jörg; Stommel, Herbert:
Die Bedarfsplanung als Grundlage von SCM-Planungen.
In: Gehr, Frank (Hrsg.) u.a.: Logistik in der Automobilindustrie: Innovatives Supply Chain Management für wettbewerbsfähige Zulieferstrukturen.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 52-59

Gemmler, Armin; Gut, Hans; Keller, Willi; Leonhard, Wera:
Qualitätssicherung durch Prozessstrukturierung.
In: Kanani, Nasser: Chemische Vernicklung: Nickel-Phosphor-Schichten. Herstellung, Eigenschaften, Anwendungen.
Saulgau: Leuze, 2007, S. 689-699

Hägele, Martin:
Service Robots.
In: International Federation of Robotics / Statistical Department u.a.: World Robotics 2007 - Statistics.
Frankfurt/Main, 2007, S. 379-459

Henning, Axel; Grzesiak, Andrzej:
Part 4: Asia and Europe: Germany.
In: Wohlers, Terry T.: Wohlers Report 2007: State of the Industry. Annual Worldwide Progress Report.
Fort Collins, Co, USA: Wohlers Associates, 2007, S. 96-97

Hoffmann, Ulrich; Kuyucu, Metin:
Beschichtungsmaterialien: Nanomaterialien.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 112-123

Hoffmann, Ulrich:
Fertigungssichere Verarbeitung von Nanolacken.
In: Suchentrunk, Richard (Hrsg.): Jahrbuch Oberflächentechnik 2007.
Bad Saulgau: Leuze, 2007, S. 129-144

Hoffmann, Ulrich:
Innovative Verfahren und Methoden zur wirtschaftlichen Lackierung von Holz und Holzwerkstoffen.
In: Suchentrunk, Richard (Hrsg.): Jahrbuch Oberflächentechnik 2007.
Bad Saulgau: Leuze, 2007, S. 233-245

Hoffmann, Ulrich:
Lackieren von Holz: Besonderheiten der Holzlackierung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 437-452

Hoffmann, Ulrich:
Lackieren von Kunststoffteilen: Überblick über Besonderheiten der Kunststoffteilelackierung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 407-426

Hoffmann, Ulrich:
Neue Prozess- und Geräteentwicklungen: Neue Ergebnisse: Erweiterte Lackrecyclingkonzepte.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 496-505

Hoffmann, Ulrich:
Planung und Optimierung von Lackierprozessen und -anlagen: Innovative Planungsmethode "CoaTway".
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 313-328

Hoffmann, Ulrich:
Planung und Optimierung von Lackierprozessen und -anlagen: Optimierungsmethoden.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 329-359

Hoffmann, Ulrich:
Praxistipps für wirtschaftliche und innovative Lackierprozesse: Auditierung von Lohnbeschichtern.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 464-467

Hoffmann, Ulrich:
Praxistipps für wirtschaftliche und innovative Lackierprozesse: Selektiv beschichten mit Nanomaterialien.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 472-474

Hoffmann, Ulrich:
Prüftechniken für Lackierbetriebe: Bestimmung von Lackiererei-Kenndaten.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 308-311

Kimmich, Jörg:
Grenzen und Herausforderungen der Bedarfs- und Kapazitätsplanung in den Prozessen.
In: Gehr, Frank (Hrsg.) u.a.: Logistik in der Automobilindustrie: Innovatives Supply Chain Management für wettbewerbsfähige Zulieferstrukturen.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 69-72

Kimmich, Jörg; Wahl, Harald:
Die Kapazitätsplanung.
In: Gehr, Frank (Hrsg.) u.a.: Logistik in der Automobilindustrie: Innovatives Supply Chain Management für wettbewerbsfähige Zulieferstrukturen.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 59-66

Kimmich, Jörg; Stommel, Herbert:
Die Zusammenführung der Bedarfs- und Kapazitätsplanung.
In: Gehr, Frank (Hrsg.) u.a.: Logistik in der Automobilindustrie: Innovatives Supply Chain Management für wettbewerbsfähige Zulieferstrukturen.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. 66-69

Kleber, Wolfgang; Strohbeck, Ulrich:
Beschichtungsverfahren, -geräte und -anlagen: Elektrostatisches Sprühen von Flüssiglack.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 156-172

Kleber, Wolfgang; Ondratschek, Dieter:
Forschungs- und Beratungsstellen für lackiertechnische Fragen.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 636-648

Klein, Wolfgang; Ondratschek, Dieter:
Beschichtungsverfahren, -geräte und -anlagen: Abscheidung/Rückgewinnung von Lackoverspray aus Spritzlackieranlagen.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 186-194

Klein, Wolfgang:
Emissionsminderung und Abfallvermeidung: Technik zur Abluftreinigung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 564-572

Klein, Wolfgang; Schneider, Matthias:
Trocknen: UV/ES-Strahlungshärtung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 267-274

Klein, Wolfgang:
Vorbehandlung von metallischen Beschichtungsuntergründen.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 128-147

Kramel, Evelyn:
Größen in der Lackiertechnik.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 617-625

Kramel, Evelyn; Tran, Manh Hung:
Prüftechniken für Lackierbetriebe: Prüfverfahren - Übersicht.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 291-307

Kuyucu, Metin:
Beschichtungsmaterialien: Beschichtungsfolien und ihre Verarbeitungsmöglichkeiten.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 124-127

Kuyucu, Metin:
Lackieren von Kunststoffteilen: CO2-Schneestrahlen.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 433-435

Kuyucu, Metin:
Lackieren von Kunststoffteilen: Innovative Vorbehandlung von Kunststoffteilen.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 427-432

Kuyucu, Metin:
Praxistipps für wirtschaftliche und innovative Lackierprozesse: Neue Anwendungen der Inkjet-/Tintenstrahldrucktechnik.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 475-476

Ondratschek, Dieter:
Beschichtungsverfahren, -geräte und -anlagen: Reinigungs- und Spüleinrichtungen für Spritzgeräte und Lackversorgungskomponenten.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 181-185

Ondratschek, Dieter; Niemeier, Wolfgang:
Beschichtungsverfahren, -geräte und anlagen: Lackversorgungseinrichtungen mit dem Schwerpunkt der Verarbeitung von 2-K-Lackmaterialien.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 173-180

Ondratschek, Dieter:
Beschichtungsverfahren, -geräte und anlagen: Spritzlackieren ohne elektrostatische Lackaufladung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 148-156

Ondratschek, Dieter:
Lackiertechnik - im Umfeld von Wirtschaft und Umweltgesetzgebung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 17-24

Ondratschek, Dieter:
Neue Prozess- und Geräteentwicklungen: Multifunktionaler Korrosionsschutz durch Nanotechnologie.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 506-509

Ondratschek, Dieter:
Weiterbildungsmaßnahmen / Handlungshilfen.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 626-635

Opitz, Michael:
Was ist Change Management?
In: Schweizer, Gerd (Hrsg.) u.a.; Landesstiftung Baden-Württemberg: Lernen am Unterschied: Bildungsprozesse gestalten – Innovationen vorantreiben.
Bielefeld: Bertelsmann, 2007, S. 241-250

Palandas, Elena:
Beschichtungsverfahren, -geräte und -anlagen: Nicht zerstäubende Nasslack-Beschichtungsverfahren.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 219-229

Romankiewicz, Katja; Metzner, Martin:
Eigenspannungen.
In: Kanani, Nasser (Mitarb.) u.a.: Moderne Mess- und Prüfverfahren für metallische und andere anorganische Überzüge.
Renningen-Malmsheim: expert verlag, 2007, S. 77-96

Scheibe, Andreas:
Praxistipps für wirtschaftliche und innovative Lackierprozesse: Luftströmungen in Lackieranlagen optimieren.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 482-484

Schneider, Matthias:
Trocknen: IR-Strahlungstrocknung.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 261-266

Schraft, Rolf Dieter:
Roboter in Industrie und Service.
In: Baumunk, Bodo-Michael (Hrsg.) u.a.; Museumsstiftung Post und Telekommunikation u.a.: Die Roboter kommen: Mensch - Maschine - Kommunikation.
Heidelberg: Edition Braus, 2007, S. 114-127

Strehler, Martin:
Fehlerdetektion in strukturierten Oberflächen.
In: Bauer, Norbert (Hrsg.); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung / Fraunhofer-Allianz Vision: Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung: Qualitätssicherung in der Praxis.
Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2007, S. 142-144

Strohbeck, Ulrich:
Beschichtungsverfahren, -geräte und -anlagen: Pulverbeschichten.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 230-251

Thieme, Paul:
Qualitäts- und Prozesssicherung in Lackierbetrieben: Qualitäts- und Umweltmanagement.
In: Ondratschek, Dieter (Red.): besser lackieren! Jahrbuch 2008.
Hannover: Vincentz, 2007, S. 396-405

Tolle, Karsten; Kiauleikis, Valentinas; Justinavicience, Kristina; Knoll, Gerald; Guglielmina, Claudia; Arezza, Alessandra:
An Interoperable E-Business Platform towards Better Integration of New Member States SME's.
In: Goncalves, Ricardo (Ed.) u.a.: Enterprise Interoperability II: New Challenges and Approaches.
Goldaming: Springer London, 2007, S. 553-556

Weihbusch, Reinhard; Fangmeier, Eckhard; Groß, Oliver; Krieg, Mark C.; Metzner, Martin; Riester, Martin:
Basislexikon der Oberflächentechnik.
In: Pospischil, Steffen (Red.) u.a.: mo Taschenbuch Oberflächentechnik 2007.
München: IGT Informationsgesellschaft Technik, 2007, S. 73-217

Westkämper, Engelbert; Niemann, Jörg; Stolz, Marcus:
Fertigungs- und Fabrikbetrieb.
In: Grothe, Karl-Heinrich (Hrsg.) u.a.: Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau.
Berlin u.a.: Springer, 2007, S. S94-S114

Westkämper, Engelbert:
Nachhaltige Strategien der Produktion am Standort Deutschland.
In: Zahn, Erich (Hrsg.); Universität <Stuttgart> / Förderkreis Betriebswirtschaft: Erfolgreich produzieren am Standort Deutschland: Eine strategische Herausforderung.
Bonn: Lemmens, 2007, S. 28-47

Zeitschriften (Herausgeberschaft)

Westkämper, Engelbert (Editorial Board); Deutsche Gesellschaft für Holzforschung; Fédération Européenne des Syndicats de Fabricants de Panneaux de Particules:
Holz als Roh- und Werkstoff: European Journal of Wood and Wood Products.
Berlin u.a.: Springer

Westkämper, Engelbert (Redaktionsbeirat):
Intelligenter produzieren.
Frankfurt/M.: VDMA Verlag

Schraft, Rolf Dieter (Hrsg.); Rembold, Ulrich (Hrsg.):
The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.
London u.a.: Springer

Dorgham, M. A.; Westkämper, Engelbert (Editorial Board):
International Journal of Manufacturing Technology and Management.
Milton Keynes, UK: Inderscience Enterprises

Westkämper, Engelbert (Editorial Board); Institution of Mechanical Engineers:
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B: Journal of Engineering Manufacture: including Short Communications in Manufacture and Design.
London, UK: Professional Engineering Publishing

Schraft, Rolf Dieter (Editorial Board); International Federation of Robotics:
Robotica: International Journal of Information, Education and Research in Robotics and Artificial Intelligence.
Cambridge, England: Cambridge University Press

Hägele, Martin (Editor); Schraft, Rolf Dieter (Editorial Board); Warnecke, Hans-Jürgen (Editorial Board):
Robotics and Computer-Integrated Manufacturing: An international journal of manufacturing, product and process development.
Amsterdam u.a.: Elsevier

Westkämper, Engelbert (Wiss. Leitung); Verl, Alexander (Herausgeber-Beirat); Spaeth, Birgit (Red.); Verein Deutscher Ingenieure; VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB); Wissenschaftliche Gesellschaft Produktionstechnik:
Wt Werkstattstechnik: Forschung und Entwicklung für die Produktion.
Düsseldorf: Springer-VDI Verlag

Impressum

Redaktion
Hubert Grosser
Viola Völlm
Jörg-D. Walz

DTP
Hanne Betz

Druck
GO Druck Media Verlag GmbH,
Kirchheim unter Teck