

# iwb newsletter

# 1/2

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh | Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart | Technische Universität München | [www.iwb.tum.de](http://www.iwb.tum.de)

## Zukunft voraus – Denken für den Standort Deutschland

**iwb-Institutsleiter Michael Zäh forderte auf dem diesjährigen Münchener Kolloquium eine stetige Innovationsleistung und die bessere Nutzung des Standortvorteils Wissen.**

Bereits zum achten Mal fand am 8. und 9. März 2006 das Münchener Kolloquium statt, das als Gipfeltreffen der heimischen

Produktionsindustrie gilt. Vor 400 hochrangigen Gästen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sprachen Redner wie Staats-

minister Thomas Goppel, Roland Berger, BMW-Vorstand Burkhard Göschel und aca-tech-Präsident Joachim Milberg über die Zukunft des Standortes Deutschland.

In seiner Eröffnungsrede zeigte Professor Michael Zäh, Leiter des *iwb*, wie dringend

(Fortsetzung Seite 2)

### EDITORIAL



400 Teilnehmer folgten der Einladung von *iwb*, utg und aca-tech zum 8. Münchener Kolloquium, das am 8. und 9. März im großen Ballsaal des ArabellaSheraton Grand Hotels in München stattfand.

Thematisch lag der Schwerpunkt diesmal auf der Zukunftsfähigkeit des Standortes Deutschland und ich denke, es ist uns auch diesmal wieder gelungen, ein positives Zeichen zu setzen. Dabei ging es uns nicht darum, Probleme zu verdrängen oder schön zu reden. Wir wollten vielmehr neue Wege aufzeigen, um Chancen zu erkennen und zu nutzen und wir wollten zeigen, dass in der Globalisierung auch für Deutschland große Möglichkeiten stecken. Einen detaillierten Bericht über das Münchener Kolloquium finden Sie auf den nächsten Seiten. Auch das nächste große Ereignis wirft bereits seine Schatten voraus: auf der AUTOMATICA 2006, die vom 16. bis 19. Mai in München stattfindet, wird das *iwb* mit einem großen Stand vertreten sein und anwendungsorientierte Lösungen aus den Bereichen Montage, Handhabung, Robotik und Simulationstechnik vorstellen. Details zu den Präsentationen finden Sie in dieser newsletter-Ausgabe.

Wir freuen uns auf den Dialog mit Ihnen.  
Herzlichst Ihr

Michael Zäh

### INHALT

#### Seite 1–4:

- Zukunft voraus – Denken für den Standort Deutschland

#### Seite 4:

- Special: Das *iwb* auf der AUTOMATICA 2006

#### Seite 5:

- Virtuelle Inbetriebnahme von Produktionsanlagen
- Waferjonglieren

#### Seite 6:

- Modellbasierte, intelligente Qualitätsregelkreise im Karosserierohbau
- Robotergestütztes FSW zum Fügen dünnwandiger Al-Querschnitte

#### Seite 7:

- Augmented Reality als Benutzerschnittstelle für Industrieroboter
- Montage in Bewegung

#### Seite 8:

- Simulation von Peripherie und Materialfluss in Roboterzellen
- Teamsemesterarbeit „Treffsichere Dartscheibe“



**Mitarbeiter des iwb präsentierten auf dem Kolloquium ihre Forschungsarbeiten.**

ein Umdenken in Deutschland stattfinden muss. „Zu sehr haben wir uns in den letzten Jahren auf die Verteilungsdebatten konzentriert, deren zentrale Frage war, wie das erwirtschaftete Bruttosozialprodukt am gerechtesten zu verteilen ist“. „Dabei wurde über lange Zeit mehr verteilt, als erwirtschaftet wurde,“ so Zäh. Um dieses Ungleichgewicht auszugleichen, sind nach Meinung Zähs große Anstrengungen erforderlich, die von Unternehmen und Individuen gleichermaßen zu tragen sind. Dennoch sieht Zäh positiv in die Zukunft, denn gute Voraussetzungen wie das leistungsfähige Bildungswesen und eine hervorragende Infrastruktur lassen sich mit geeigneten Innovationsstrategien zu langfristigen Wettbewerbsvorteilen ausbauen. Auch dem Standortvorteil Wissen kommt dabei eine große Bedeutung zu: „Die Konzentration auf die Produktion komplexer Produkte“, so Zäh, „bringt Deutschland nachhaltiges Wachstum“.

Auch der Präsident der TU München, Professor Wolfgang A. Herrmann und Staatsminister Dr. Thomas Goppel, die sich mit einem Grußwort an dem Kolloquium beteiligten, sehen optimistisch in Deutschlands Zukunft. Beide machten auf die besondere Bedeutung des Wissenstransfers zwischen Forschung und Industrie aufmerksam, denn „in dem zunehmend schnelllebigen Prozess, Ideen zu entwickeln und diese auf den Markt zu bringen, sind Hochschulen und Industrie die geborenen Partner“, so Goppel.

### **Technikfeindliches Deutschland?**

Große Defizite sieht Professor Renate Köcher, Geschäftsführerin des Allensbach Ins-



**Gipfeltreffen der heimischen Produktionstechnik mit 400 Gästen aus Wirtschaft und Wissenschaft.**

titutes, in der Technikeinstellung der Deutschen. Während die Akzeptanz von Alltagstechnologien positiv ist, stehen die Menschen in Deutschland Großtechnologien zunehmend kritisch gegenüber. Deren Behinderung, erklärte Köcher, resultiere aus einem mangelnden Gefahrenbewusstsein, indem nicht reflektiert wird, worin die Chancen und Risiken von Deutschland liegen.

### **Spitzenplatz in Zukunftstechnologien**

Dr. Breun, Vorstandsmitglied der MAN Nutzfahrzeuge AG (jetzt im Ruhestand), sieht die Innovationskraft Deutschlands in vielen Bereichen ungebrochen, denn in einigen wichtigen Zukunftsbranchen wie der Medizintechnik, der Produktions- und Automatisierungstechnik sowie der Energietechnik belegen deutsche Unternehmen führende Positionen. Hervorragend ausgebildete Naturwissenschaftler und Ingenieure sind nach Ansicht Breuns dafür die Grundlage.

### **Strategic Insourcing zur Kompetenzsicherung**

Während sich der Vortrag von Breun auf die Stärken und Herausforderungen des Produktionsstandortes konzentrierte, setzte sich der folgende Fachvortrag vom Geschäftsführer der Sitech GmbH, Professor Bernd Wilhelm, konkret mit dem Thema Insourcing auseinander. Gezieltes Insourcing wie von Sitech praktiziert ist nach Meinung Wilhelms eine Möglichkeit zur Sicherung von Kompetenz und zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und schafft nicht zuletzt neue Arbeitsplätze innerhalb Deutschlands.

### **Deutschland im Wandel**

Auf die dringende Reformnotwendigkeit machte Professor Roland Berger, Chairman Roland Berger Strategy Consultants, im letzten Vortrag des ersten Halbtages aufmerksam. Um in Deutschland wieder höheres Wachstum zu erreichen, sind nach Ansicht Bergers Reformen im Arbeitsmarkt, bei den Sozialversicherungen, der Steuer-

politik, der Ressourcen-Allokation und politischer Entscheidungsprozesse gefordert. Alle fünf Handlungsfelder werden von der neuen Regierung zwar schon angegangen, resümierte Berger, doch gebe es hier noch großen Nachholbedarf.

### **Herausforderung Wissenstransfer**

Große Potenziale zur Erhöhung der Standortattraktivität bietet auch der Wissenstransfer zwischen Hochschulen und Industrie. „Während die Industrie von der direkten Verwertung aktueller Forschungsergebnisse profitiert“, erklärte Dr. Peter Felix Tropschuh, Leiter Wissenschafts- und Standortprojekte bei der Audi AG, „können die beteiligten Hochschulen auf anwendungsorientierten Themengebieten forschen und mit Impulsen aus der Praxis arbeiten.“ Dies führe zu einer Steigerung der Standortattraktivität im Bildungs- und Forschungssektor, so Tropschuh weiter, wodurch junge und gut ausgebildete Akademiker angezogen werden. So tragen nach Meinung Tropschuhs Hochschulkooperationen wie beispielsweise das Erfolgsprojekt INI.TUM der Audi AG zur intellektuellen und wirtschaftlichen Stärkung des Automobilsektors und zur lokalen Förderung der jeweiligen Region bei.

### **Mit Forschung die Zukunft gewinnen**

Auch Professor Hoffmann, Ordinarius des Lehrstuhls für Umformtechnik und Gießereiwesen, misst der gemeinsamen Weiterentwicklung von neuen Technologien eine existentielle Bedeutung zu. „Nur durch kontinuierliche Innovationen“, erklärte Hoffmann, „sind Unternehmen vor dem Hintergrund des stärkeren internationalen Wettbewerbs weiterhin leistungsfähig und können eine hohe Wertschöpfung und entsprechende Arbeitsplätze sichern. Eine Verzahnung von Industrie und Wissenschaft und eine Kontinuität im Innovationsprozess, der nicht zuletzt durch ingenieurwissenschaftliche Disziplinen geleistet werden kann“, so Hoffmann weiter, „helfen, einen ausreichenden Innovationsvorsprung zu erhalten.“

### **Wege zum Erfolg**

Einen weiteren Aspekt zur Steigerung von Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit am Standort Deutschland stellte Professor Reinhardt, Vorsitzender des Bereichsvorstandes Siemens Medical Solutions, dar. Nach Meinung Reinhardts sind Innovation und globale Öffnung die Schlüssel zum Erfolg.

Auch die Werkzeugmaschinenbranche braucht Innovationen. Am Beispiel der

TRUMPF Werkzeugmaschinenbau GmbH stellte der Sprecher der Geschäftsführung Dr. Mathias Kammüller sein Erfolgskonzept der synchronen Produktion vor. Kammüller erklärte, dass durch das neue Produktionssystem SYNCHRO die Komplexität der Produkte verringert und gleichzeitig die Qualität erhöht werden konnte. „Das Ziel dieses Veränderungsprojektes“, so Kam-



*Institutsleiter Michael Zäh im Gespräch mit Dr. Breun von MAN.*



*Durch das Programm führte Dr. Patrick Illinger von der Süddeutschen Zeitung, hier im Gespräch mit Roland Berger.*



*Die Bayerische Staatsregierung wurde durch den Staatsminister für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Dr. Thomas Goppel, vertreten.*



*Professor Zäh forderte in seinem Vortrag die bessere Nutzung des Standortvorteils Wissen.*

müller in seinem Vortrag, „ist die Verdoppelung der Produktivität, die Halbierung der Durchlaufzeiten und eine Verbesserung der Qualität. Bei Bedarf werde das System um andere Produktionsmethoden und Prinzipien ergänzt.“

### Der Anspruch Leading

Den Anspruch der Linde AG, durch hohe Innovationskraft und technologisches Know-how die internationale Technologieführerschaft auszubauen, beschrieb Dr. Stefan Rinck, Bereichsvorstand Material Handling der Linde AG in seinem Vortrag auf dem Münchener Kolloquium. Besonderen Wert lege das Unternehmen darauf, so Rinck, in Gesamtlösungen zu denken und so die jeweiligen Kundenbedürfnisse besser verstehen und individuell erfüllen zu können. Um diesen Anspruch zu erfüllen, wurde innerhalb der Linde AG das Ziel gesetzt, in ihren Produkten permanent Innovationen zu realisieren. „Parallel zu den laufenden Produktinnovationen“, so Rinck, „hat Linde auch seinen Produktentstehungsprozess komplett neu strukturiert.“ Ziel dieser Prozessinformation sei die Anpassung des Produktentstehungsprozesses an die Marktanforderungen, so Rinck weiter. Somit konnten letztlich in einer verteilten Organisation die Vorteile der dezentralen Strukturen mit der Effizienz einer zentralen Einheit verknüpft werden.

### Treibstoff für die Zukunft

Innovationsorientiert zeigt sich auch die BMW AG: Die Innovationskraft wird als entscheidend für den Unternehmenserfolg der Zukunft und den Erfolg des Wirtschaftsstandortes Deutschland angesehen. Dabei entstehen die Innovationen nicht zufällig, betonte Burkhard Göschel, Entwicklungsvorstand der BMW AG, sondern durch die richtige Kombination aus Kreativität und Mut sowie ein gezieltes Innovationsmanagement. Diese erfolgreich zu verwirklichen, so Göschel weiter, erfordere Freiräume, persönliche wie auch technische. Gleichzeitig rief Göschel dazu auf, Mut zu beweisen und etwas Neues zu wagen, dann, so Göschel, biete die Globalisierung auch für deutsche Unternehmen große Chancen.

### Wege aus der Inflexibilitätsfalle

Dass technische Innovationen allein nicht ausreichen, um im globalen Wettbewerb erfolgreich zu agieren, weiß auch Dr. Eberhard Veit, Sprecher des Vorstandes der Festo AG. Dabei mangelt es nach seiner Auffassung primär an der Flexibilität von Abläufen und Organisation. Flexibilität definierte Veit als „die erfolgreiche Übersetzung erkannter Trends in neue

Geschäftschancen und deren Umsetzung.“ Einen weiteren wichtigen Aspekt zum Entkommen der Inflexibilitätsfalle beschrieb Veit als Anpassungsfähigkeit eines Unternehmens, denn „erst durch die konsequente Anpassung an Veränderungen entsteht Wertschöpfung.“ Der dritte Ansatz für Veränderungen liegt nach Veits Meinung in der Wettbewerbsfähigkeit. Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft sieht Veit eng mit der Innovationskraft ihrer Mitarbeiter verbunden. Damit wird die Bildung zum „Schlüsselfaktor für den Standort Deutschland.“

### Erfolg durch internationale Netzwerke

Einen weiteren Schlüsselfaktor für internationalen Erfolg eines deutschen Unternehmens stellte Dr. Lutz Bertling von Eurocopter S.A.S. vor. Mit der weltweit vollständigsten Produktpalette ist Eurocopter in allen wesentlichen Marktsegmenten präsent und sichert seine Marktstellung durch europäische Systemfähigkeit, globale Präsenz und internationale Kooperationen. Gründe für die Kooperationen liegen nach Aussage Bertlings unter anderem in den steigenden Kosten für Innovationen und begrenzten Heimatmärkten. Damit werde laut Bertling

*(Fortsetzung Seite 4)*

## TERMINE 2006

### ■ iwb Seminare

#### Fügetechnologien

Innovative Schweißverfahren in der Produktion  
28./29.06.2006 – Neu-Ulm  
In Zusammenarbeit mit dem Carl Hanser Verlag

#### Rapid Manufacturing

Heutige Trends –  
Zukünftige Anwendungsfelder  
06.07.2006 – iwb Anwendungszentrum Augsburg

#### Produktionsmanagement

Herausforderung Variantenmanagement  
13.07.2006 – iwb Garching

#### Mechatronik

Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen  
21.09.2006 – iwb Garching

#### Virtuelle Inbetriebnahme

Von der Kür zur Pflicht?  
28.09.2006 – iwb Garching

### ■ iwb Messen

#### AUTOMATICA 2006

München, 16.05. – 19.05.2006

#### Euromold 2006

Frankfurt/Main, 29.11. – 30.11.2006

ein „Gewinn für die Heimatstandorte durch zusätzliche Auslastung sowie Kompetenz-erhalt/-ausbau erzielt.“

## Produzieren in globalen Netzwerken

Auch Professor Gunther Reinhart vertrat in seinem Vortrag die Meinung, dass die Produktion in globalen Produktionsnetzwerken für deutsche Unternehmen viele Vorteile bringt. Nach Meinung Reinharts gibt es vor dem Hintergrund der voranschreitenden Globalisierung keinen optimalen Standort für die Produktion eines Wirtschaftsgutes mehr. Vielmehr sollte sich jeder Standort bzw. jede Volkswirtschaft, so Reinhart, „im Sinne einer globalen Nutzenmaximierung auf ihre Kernkompetenzen fokussieren.“ Eine Teilung der Wertschöpfung und die Notwendigkeit von globalen Produktionsnetzwerken seien somit unabdingbar. Indem jeder Standort seine individuellen Stärken einbringe, stütze er die Schwächen anderer Standorte. Auf diese Weise könne der technologische Fortschritt von Hochpreisländern mit dem der Niedriglohnländer sinnvoll und zum beiderseitigen Nutzen gekoppelt werden.

## Deutschland deine Wirtschaftsethik

Einem ganz anderen Aspekt des Standortes Deutschland näherte sich Dr. Balduur Kirchner in seinem Vortrag: der Wirt-

schaftsethik. Vor allem dort, wo die Beziehung zwischen Führendem und Geführten krisenhaft zu werden droht, sei viel Bewegung entstanden, so Kirchner. Doch eine neue Wirtschaftsethik ist nach Meinung Kirchners nicht notwendig. Vielmehr brauche Deutschland ein „neues Persönlichkeitsverständnis, das dem Wert und der Würde menschlichen Miteinanders gerecht wird. So können sich“, erklärte Kirchner weiter, „Dimensionen eines neuen Verstehens eröffnen, von dem ein Unternehmen über viele Erschütterungen hinweg stabil bleiben wird.“

## Zukunft Voraus – Denken für den Standort Deutschland

„Wer Visionen hat, der soll zum Arzt gehen“, zitierte acatech-Vorsitzender Joachim Milberg den Ex-Bundeskanzler Helmut Schmidt. Wie diesem Statement ent- und nicht widersprochen werden soll, machte Milberg in dem Abschlussvortrag des Münchener Kolloquiums deutlich. Die derzeitige Krise des Technik- und Produktionsstandortes Deutschland hat nach Auffassung Milbergs eine ausgeprägte gesellschaftspolitische Dimension. Mit dieser gilt es sich auseinanderzusetzen, so Milberg, um einen „mental Turnaround zu schaffen.“ „Wir brauchen“, appellierte der acatech-Vorsitzende, „ein gemeinsames Ziel, für das alle eintreten, ein Leitbild, eine Zukunftsvision.“ Milberg erklärt auch, wie diese um-

zusetzen ist. Neben der Schaffung von Vertrauen für Innovation und Wachstum in der Öffentlichkeit braucht der Einzelne in unserer Gesellschaft wieder mehr Freiheit und Verantwortung, um sein kreatives Potenzial zu entfalten und seine Arbeit als Dienst am Ganzen zu sehen. In Kombination mit der mit der richtigen Wahrnehmung von Prioritäten werde es Deutschland gelingen, in 10 Jahren dort zu sein, wo wir stehen wollen.

Die Technologieführerschaft Deutschlands wurde während der Leistungsschau der beiden TU-Institute *iwb* und *utg* eindrucksvoll veranschaulicht. Die Besucher bekamen während der Exkursion in die Forschungszentren der Institute detaillierte Einblicke in innovative Technologien, Verfahren und Methoden auf allen Ebenen der Produktionstechnik, vom Fertigungsprozess bis zu themenübergreifenden Netzwerken.

So zeigten sich Gäste und Veranstalter dann auch sehr zufrieden mit dem Verlauf der Veranstaltung. „Ich denke, es ist uns gelungen,“ so Professor Reinhart, wie Professor Zäh Institutsleiter am *iwb*, „eine Stimmung zu erzeugen, die Mut macht und die viele Chancen zeigt, die für Deutschland aus der Globalisierung entstehen. Jetzt gilt es für jeden Einzelnen, sich für die Zukunft unserer Landes stark zu machen und zu engagieren.“

Nicole Raab

## MITARBEITER

### Neue Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Stefan Lutzmann  
Dipl.-Wi.-Ing. Tobias Gyger  
Dipl.-Ing. Paul Gehard  
Manuela Graßl  
Dipl.-Ing. Gregor Branner  
Dipl.-Ing. Max von Bredow  
Dipl.-Ing. Andrea Reiter  
Dipl.-Ing. Michael Loy  
Dipl.-Ing. Michael Heinz  
Dipl.-Wirtsch. Ing. (FH) Marc Lotz  
Dipl.-Wi.-Ing. Christian Lau  
Dipl.-Ing. Alexander Lindworsky  
Dipl.-Ing. Matthias Waibel  
Dipl.-Ing. Markus Wiedemann

### Ausgeschiedene Mitarbeiter

Thomas Eichhorn  
Dipl.-Ing. (FH) Dieter Eireiner  
Dipl.-Ing. Reinhard Guserle  
Dipl.-Ing. Christian Habicht  
Dipl.-Ing. Bernd Lercher  
Dipl.-Ing. Patrick Neise  
Dipl.-Ing. Sonja Schedl  
Dr.-Ing. Markus Seefried  
Dipl.-Ing. Adolf Zitzmann

## Special: Das *iwb* auf der AUTOMATICA 2006

Nach der erfolgreichen Premiere vor zwei Jahren findet vom 16. bis 19. Mai die AUTOMATICA 2006 in München statt.

Die AUTOMATICA präsentiert ein internationales Angebot zu den Kernbereichen Montage- und Handhabungstechnik, Robotik, industrielle Bildverarbeitung und dazugehörige Technologien. Damit ist die AUTOMATICA die erste internationale Fachmesse, die alle Segmente des Bereiches Robotik und Automation als eigenständige Veranstaltung unter einem Dach vereint.

Wie schon bei der erfolgreichen Premiere vor zwei Jahren ist das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) auch diesmal wieder mit einem eigenen Stand auf der Messe vertreten. „Auf der AUTOMATICA 2004 haben wir viele wertvolle Impulse für unsere Forschungsthemen erhalten“, erinnert sich Professor Zäh, Ordinarius des Lehrstuhls für Lehrstuhl für Werkzeugma-

schinen und Fertigungstechnik. „Für uns als Forschungsinstitut“, so Zäh weiter, „ist der Dialog mit der Wirtschaft immens wichtig, denn nur so können wir mit unseren Forschungsarbeiten die Marktbedürfnisse antizipieren und anwendungsorientierte Forschung betreiben.“ Auf dem diesjährigen Messestand zeigt das *iwb* eben diese anwendungsorientierten Lösungen aus den Bereichen Montage, Handhabung, Robotik und Simulationstechnik. Die einzelnen Forschungshighlights möchten wir Ihnen auf den nächsten Seiten gerne vorstellen.

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann besuchen Sie uns vom 16.–19. Mai auf der Automatica 2006 in München in Halle B1, Stand Nr. 320.

Nicole Raab

# Virtuelle Inbetriebnahme von Produktionsanlagen

Die Entwicklung hochautomatisierter Produktionsanlagen in immer kürzerer Zeit erfordert eine sichere Beherrschung der Wechselwirkungen zwischen mechanischen, elektrischen und informationstechnischen Komponenten. Häufig erfolgt die Inbetriebnahme und Optimierung der Maschinensoftware erst an der realen Maschine. Aufgrund der dadurch resultierenden langen Entwicklungs- und Inbetriebnahmezeiten können kundenspezifische Anforderungen in der Praxis nur mit erheblichem Kostenaufwand realisiert werden. Eine methodische und strukturierte Validierung sowie Optimie-

rung komplexer Maschinenabläufe unter Inbetriebnahmebedingungen ist nur sehr begrenzt möglich.

## Zielsetzung und Lösungsansatz

Am iwv werden Methoden und Werkzeuge zur Simulation eines mechatronischen Gesamtsystems weiterentwickelt und in der Praxis erprobt. Sie dienen insbesondere dem Integrations- und Systemtest des koordinierten Zusammenwirkens von PLC-Funktionsabläufen, NC- und MC-Achsbebewegungen sowie HMI-Funktionen bereits in frühen Phasen der Konstruktion und Entwicklung.

Dazu werden die NC-, PLC-, MC- und HMI-Programme an ein Simulationsmodell des virtuellen Produktionssystems gekoppelt und können beim Ablauf beobachtet werden. Das virtuelle Maschinenmodell bildet dazu das Verhalten der Automatisierungsperipherie der realen Anlage in einem Verhaltensmodell möglichst realitätsgetreu nach. Durch die Einbindung einer Materialflusssimulation in das Simulationssystem werden Materialflussphänomene detailgetreu berücksichtigt und es kann das Zusammenwirken von Automatisierungsperipherie mit dem Materialfluss mit der realen Steuerungstechnik getestet werden.

Georg Wünsch

## Waferjonglieren

Im Zuge der anhaltenden Miniaturisierung in der Halbleiter- und Mikrosystemtechnik werden die Schaltungsträger immer kleiner und somit die Chips bzw. die Wafer, in gleichem Maße dünner und empfindlicher. Folglich werden an die Handhabungssysteme hohe Anforderungen hinsichtlich der schonenden Behandlung der Bauteile gestellt [1]. Der Einsatz herkömmlicher Systeme, z.B. mechanische Randgreifverfahren

oder Vakuumgreifer, bei denen Bauteil und Greifer in Kontakt stehen, sind daher nicht mehr geeignet, da bei diesen die Gefahr der Partikelgenerierung und -verschleppung besteht.

Aus diesem Grund werden am iwv Verfahren zur berührungslosen Handhabung empfindlicher Bauteile mittels Leistungsumschall entwickelt [2]. Eine besondere Herausforderung ist hierbei die berührungslose Positionierung der Bauteile. Vor allem bei großen Bauteilen sind aufgrund der Trägheit ausreichende Zentrierkräfte bisher nur durch taktile Anschläge zu erreichen. Bedingt durch vorhergehende Prozessschritte können in den Randbereichen Mikrorisse entstehen, welche, insbesondere bei hoch ausgedünnten Bauteilen, eine besondere Gefährdung darstellen, da hier bereits kleinste Stöße zum Komplettverlust des Wafers führen können.

tenden Greifers. Dieser ist an einem Raumroboter mit sechs Achsen montiert. Die relative Position des Wafers zum Greifer wird durch optische Sensoren ermittelt. Da die Regelung in einer Matlab-Simulink-Umgebung implementiert ist, erfolgt die Kommunikation mit der Robotersteuerung über die digitalen Ein- und Ausgänge einer Schmittstellenkarte der Firma dSpace. Die notwendige Aktorik zur Positionierung des Wafers liefert der Roboter.

## Literatur

- [1] Franzkowiak, M.; Zäh, M. F. et al.: *Non-contact Grippers for Micro Assembly. Micro System Technologies 2005, München, Franzis.*  
[2] Zimmermann, J.; Zitzmann, A.: *Berührungslose Handhabung durch Leistungsumschall. Mechatronik News. Ausgabe 1/2002*

Michael Heinz



Abbildung 1: 1-dimensionaler Ansatz zur berührungslosen Positionierung von Wafers

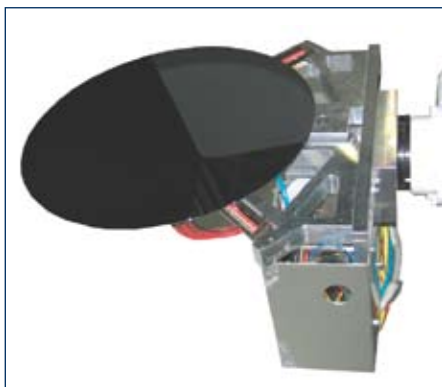


Abbildung 2: 2-dimensionaler, völlig berührungsloser Ansatz zur Positionierung

Um dieser Problematik zu begegnen, wurde am iwv eine Technologie entwickelt, welche die Vorteile der berührungslosen Handhabung mit den regelungstechnischen Möglichkeiten zur Aufbringung lateraler Kräfte verbindet. Umgesetzt wurde dieser Ansatz in zwei Prototypen. Zum einen wurde eine Positioniereinheit entwickelt, mit der Dünnwafers, die sich auf einer berührungslos arbeitenden Linearbahn vorwärts bewegen, ohne taktile Kräfte gestoppt und positioniert werden können (Abbildung 1). Allerdings erfolgt hier die seitliche Führung weiterhin durch taktile Halteelemente, weshalb eine berührungslose Positionierung mit dieser Anlage nur in Bewegungsrichtung möglich ist.

Abbildung 2 hingegen zeigt den Prototypen eines völlig berührungslos arbeitenden Greifers, bei dem der Wafer durch

## BERICHTE

### ■ iwv Seminarberichte

Michael Zäh, Hartmut Hoffmann, Gunther Reinhart, Joachim Milberg (Hrsg.), Münchener Kolloquium 2006

### ■ iwv Forschungsberichte

#### Wolfgang Wagner

Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion

#### Christopher Ulrich

Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen

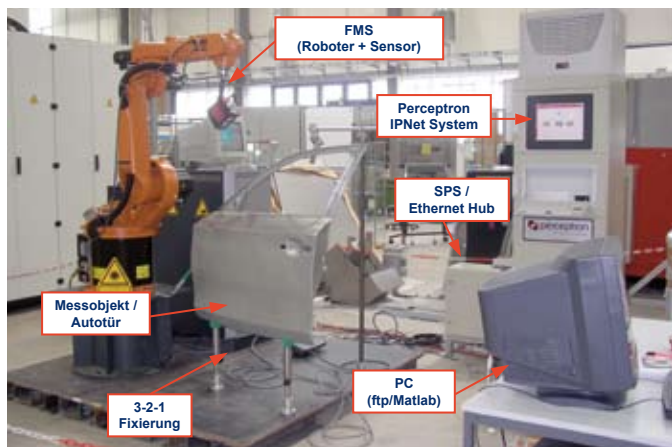
# Modellbasierte, intelligente Qualitätsregelkreise im Karosserierohbau

Im Rahmen dieses Projekts sollen Prinzipien und Methoden zur präventiven und begleitenden Qualitätssicherung mehrstufiger Montageprozesse am Beispiel des Karosserierohbaus in der Automobilindustrie erarbeitet und unter produktionsähnlichen Bedingungen erprobt werden. Mittels eines flexiblen Messsystems werden dazu die Schlüsselmerkmale des Produkts erfasst und im Hinblick auf fehlende oder verschlechterte Qualität geprüft. Die bestehenden Funktionalitäten des Messsystems

werden mit Algorithmen ergänzt, die als erste Stufe der Fehleridentifikation zu betrachten sind. In diesem Schritt entscheiden die erweiterten Analysefunktionen des Messsystems, ob die Diagnosekette ausgelöst werden soll. Ausgehend von den ermittelten Qualitätsmerkmalen werden zunächst mit Hilfe eines Fehlerausbreitungsmodells bei Produktabweichungen die ursprünglichen Fehlerquellen identifiziert und lokalisiert. Dieses Modell ist als Kern der Arbeit zu betrachten, wobei auf die Pro-

blematik der einheitlichen Darstellung verschiedener Prozesse detailliert eingegangen wird. Die Aspekte von Wiederverwendbarkeit und Übertragbarkeit werden beim Aufbau des Modells mit berücksichtigt. Die Identifikation einer Fehlerquelle entscheidet über die notwendigen technologischen Maßnahmen, um rechtzeitig auf auftretende Fehler reagieren zu können. Der Eingriff in den Prozess wird durch die Entwicklung von Reglerstrukturen zur Beeinflussung der Prozessaktorik und von zusätzlich benötigter Aktorik als geschlossener Regelkreis realisiert. Auf diese Weise kann eine Automatisierung der Fehleridentifikation und -behebung gewährleistet werden, welche eine höhere Prozessverfügbarkeit und eine Minderung der Verluste innerhalb der Produktionskette zur Folge hat. Ziel dieses Teilprojektes ist deshalb die Entwicklung industriell einsetzbarer Lösungen zur automatisierbaren Fehlerdiagnose im Bereich des Karosserierohbaus, als Schritt zur vollautomatisierten Prozessdiagnose mehrstufiger Produktentstehungsprozesse. Den realisierten Versuchsstand kann auf der AUTOMATICA 2006 besichtigt werden.

Haitham Rashidy



Prototyp des Qualitätsregelkreises.

## Robotergestütztes FSW zum Fügen dünnwandiger Al-Querschnitte

Aus dem Bereich der Füge-technologien wird auf der AUTOMATICA das Projekt „RoboFSW“ vorgestellt. Ziel dieses Projektes ist es, einen Schwerlastroboter für das Rührreibschweißen (engl.: Friction Stir Welding = FSW) zu optimieren. FSW stellt einen wärmearmen Fügeprozess dar, der zum stoffschlüssigen Verbinden speziell von Aluminiumwerkstoffen geeignet ist. Ein verschleißfestes rotierendes Werkzeug, welches unter hoher Anpresskraft auf die Fügestelle gedrückt wird, verrührt dabei mechanisch die Fügepartner. Gegenüber Schmelzschweißverfahren bietet FSW folgende Vorteile:

- sehr gute mechanische Eigenschaften
- keine Porenbildung
- Mischverbindungen möglich
- einfache Prozessführung
- Reproduzierbarkeit einer hohen Nahtgüte
- geringe Schweißspannungen und -verzug
- Umweltverträglichkeit
- keine Rauche, Stäube und Gase

- kein speziell ausgebildetes Fachpersonal nötig
- hoher Prozesswirkungsgrad
- kein Zusatzwerkstoff erforderlich
- geringe Wärmeeinwirkung

Aufgrund der hohen erforderlichen Prozesskräfte werden in der Industrie bislang nur Spezialanlagen oder entsprechende Fräsbearbeitungszentren mit hohen Steifigkeiten eingesetzt. Zum Fügen dünnwandiger Bauteile eignen sich jedoch auch Anlagen mit geringerer Steifigkeit. Der Einsatz von Schwerlast-Knickarmrobotern zum FSW stellt damit einen Ansatz dar, mit dem das wirtschaftliche Fügen solcher Querschnitte möglich wird. Der Grund dafür ist, dass sich Schwerlast-Knickarmroboter durch wesentlich geringere Investitionskosten auszeichnen, verglichen mit den sonst üblichen FSW-Sonderschweißanlagen bzw. Fräsbearbeitungszentren. Des Weiteren weisen sie einen großen und offenen Bearbeitungsraum auf, wodurch die Bearbeitung auch großer Bauteile ermöglicht



FSW-Versuchsstand in Betrieb.

wird. Die Herausforderung beim Einsatz dieser Roboter liegt in der variablen Steifigkeit des Systems, die von der Ausladung des Roboters sowie der Orientierung des Werkzeuges im Raum abhängig ist. Um daraus resultierende Positionierungsfehler während des Schweißprozesses zu kompensieren, müssen entsprechende Lage- und Kraftregelungssysteme in das System integriert werden.

Georg Völlner

# Augmented Reality als Benutzerschnittstelle für Industrieroboter

Am *iwb* wurde ein neues Verfahren entwickelt, das eine intuitive und effiziente Programmierung von Industrierobotern ermöglicht und damit den wirtschaftlichen Robotereinsatz bei der Fertigung kleiner Losgrößen unterstützt. Grundlage dieses Verfahrens ist die sog. Augmented-Reality-Technologie (AR, engl.: erweiterte Realität). Im Gegensatz zu bekannten Verfahren der Roboterprogrammierung können mit dem beschriebenen Verfahren Bahnkurven und Koordinaten interaktiv in der realen Umgebung visualisiert und definiert werden. Die Anzeige der für die Programmierung relevanten Informationen erfolgt dabei nicht über displaybasierte Anzeigergeräte sondern wird durch Projektion der digitalen Informationen auf reale Gegenstände realisiert. Die Benutzereingabe wird durch interaktive, räumliche Interaktionsmechanismen unterstützt. Das vorgestellte Verfahren ermöglicht so eine wesentlich schnellere und intuitivere Programmierung von Industrierobotern als klassische Programmiermethoden und erfordert einen minimalen Einarbeitungsaufwand. In enger Kooperation mit der LAP Laserapplikationen GmbH, wurde eine Laser-

visualisierung entwickelt, welche die Bahnkurven direkt auf Bauteiloberflächen aufprojiziert. Die aufprojizierten Bahnverläufe können mit Hilfe eines 3D-Eingabestifts schnell und intuitiv manipuliert werden. Erste Anwendertests bestätigen die Leistungsfähigkeit des Ansatzes. Besonders bemerkenswert sind die kurze Einarbeitungszeit, die einfache Handhabung und die im Vergleich zu anderen interaktiven Ansätzen sehr gute Ergonomie. In zukünftigen Arbeiten wird neben der technischen Integration der Teilkomponenten in ein kompaktes und modulares System vor allem die applikationsbezogene Weiterentwicklung im Vordergrund stehen. Zum anderen sind erste industrielle Pilotanwendungen in flexiblen Fertigungszellen in Vorbereitung.

Das System wird im Rahmen der AUTOMATICA auf dem Stand des *iwb* ausgestellt, so dass Sie als Besucher die Möglichkeit haben – auch ohne Vorkenntnisse in der RC-Programmierung – in wenigen Minuten ein komplexes Roboterprogramm zu erstellen.

Wolfgang Vogl

## IMPRESSUM

Der *iwb* newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) Technische Universität München Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching Tel.: 089/289-155 00, Fax: 089/289-155 55 ISSN 1434-324X Redaktion: Dipl.-Kffr. Nicole Raab (verantw.) Tel.: 089/289-155 37 E-Mail: nicole.raab@iwb.tum.de Web: www.iwb.tum.de

### Herstellung:

dm druckmedien gmbh  
Paul-Heyse-Strasse 31a, 80336 München

### Verlag:

Herbert Utz Verlag  
Zieblandstr. 7, 80799 München  
Tel.: 089/27 77 91-00, Fax: 089/27 77 91-01  
E-Mail: info@utzverlag.com  
Web: www.utzverlag.com  
Natürlich gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Umweltpapier.

### Adressverteiler:

Möchten Sie in den Verteiler aufgenommen werden oder hat sich Ihre Adresse geändert? Dann schicken Sie bitte eine E-Mail an info@iwb.tum.de

## Montage in Bewegung

Die Vorteile einer automatisierten förderbandsynchronen Montage, der so genannten Montage in Bewegung, sind seit über dreißig Jahren bekannt. Trotz unterschiedlicher Ansätze ist es aber bisher nicht gelungen, ein wirtschaftliches System zu schaffen, welches die geforderten Positioniergenauigkeiten für eine Vielzahl der Montageprozesse aufweist. Im durch die Bayerische Forschungsförderung geförderten Projekt „Entwicklung eines Systems zur automatisierten Montage vorzugswei-

se schwerer Lasten an kontinuierlich bewegte Objekte“ wird ein Robotersystem entwickelt, welches die Anforderungen des Montageprozesses erfüllt und darüber hinaus aus standardisierten Komponenten besteht. Dadurch soll ein wirtschaftlicher Einsatz der förderbandsynchronen Montage ermöglicht werden.

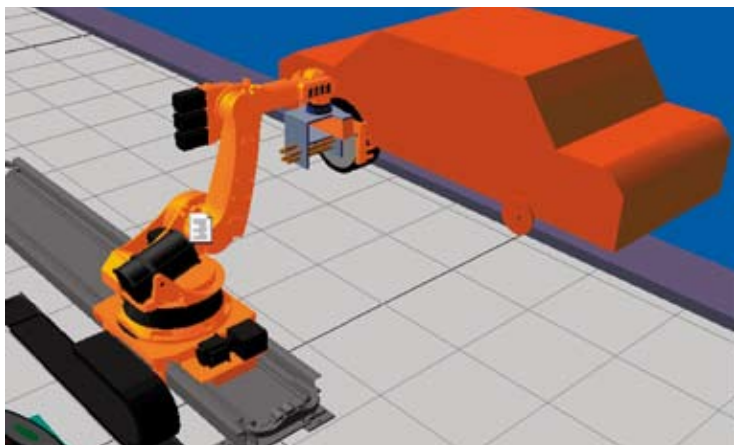
Aufgrund einer mehrstufigen Regelungsmethode mit Bildverarbeitung und Kraft-Momenten-Sensorik kann sicher ges-

tellt werden, dass Ungenauigkeiten des Fördersystems keinen negativen Einfluss auf die Prozessfähigkeit des Gesamtsystems haben. Die dadurch erreichbare Toleranz des Gesamtsystems liegt bei unter 0,2 mm. Durch das entwickelte System können neben den ergonomischen Vorteilen vor allem wirtschaftliche Potenziale ausgeschöpft werden. Diese Potenziale sind nicht nur in der Rationalisierung durch Automatisierung begründet. Darüber hinaus reduziert sich der Platzbedarf aufgrund der nicht mehr notwendigen Ein-, Auslauf- und Pufferstrecken erheblich. Eine intelligente Kombination von Fließbetrieb und Automatisierung trägt somit dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie auch in Zukunft zu erhalten.

Die Partner des *iwb* sind das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), die BMW AG, KUKA Roboter GmbH, Sturm Maschinenbau GmbH, Quiss GmbH, Schunk GmbH & Co. KG.

Die prototypische Umsetzung erfolgt am Beispiel der vollautomatisierten Radmontage am *iwb* Anwenderzentrum Augsburg.

Jochen Werner



Offline-Simulation der Montage in Bewegung.

# Simulation von Peripherie und Materialfluss in Roboterzellen

**R**oboterzellen werden heute in vielen Bereichen der Produktion und der Montage eingesetzt, weil sie aufgrund von niedrigen Erstinvestitionen eine kostengünstige Fertigung von Serienprodukten erlauben. Um die Ausfallzeiten für die Umstellung und Inbetriebnahme der Roboterzellen möglichst kurz zu halten, wird der Roboter in der Regel offline programmiert und getestet. Dies wird mit den so genannten Off-line-Simulationen durchgeführt.

In diesen Programmen kann zwar der Roboter, d.h. die Roboterbahn, programmiert und getestet werden, das Zusammenspiel mit der Peripherie (z.B. Förderband oder Werkzeug) bleibt jedoch meist unberücksichtigt und wird erst bei der Inbetriebnahme in der realen Zelle geprüft. Dies führt zu Verzögerungen während der Inbetriebnahme der Roboterzelle. Ein weiteres Defizit dieser Programme ist die Materialflusssimulation. Der Materialfluss muss in der Regel von Hand programmiert werden, dies ist erstens sehr aufwändig und

zweitens lässt diese Art von Simulation keine Aussage über den Materialfluss zu, da keine physikalischen Effekte (wie z.B. Reibung) berücksichtigt werden. Der Materialfluss wird deshalb immer optimal dargestellt, d.h. wie er in der eigentlichen Zelle oder Anlage zukünftig sein soll. Effekte von außen auf den Materialfluss können nur bedingt oder gar nicht simuliert werden.

Die seit einigen Jahren entwickelte Virtual-Reality-Plattform Ve<sup>2</sup> wurde in den vergangenen Monaten um drei neue Module erweitert:

## ■ Robotersimulation

Mit Hilfe der neuen Schnittstelle zur Robotersimulation easyrob können nun im System Ve<sup>2</sup> Roboter programmiert und simuliert werden.

## ■ Peripheriesimulation

Es wurde eine Schnittstelle zur Verhaltenssimulation WinMod realisiert, um die Anbin-

dung von Peripherie in die Simulationsumgebung zu ermöglichen. Diese Schnittstelle ermöglicht nun eine detaillierte Simulation von Peripheriegeräten.

## ■ Materialflusssimulation mit Open-Dynamics Engine™

Die VR-Umgebung Ve<sup>2</sup> wurde um ein Modul mit der Physiksimation (ODE) ergänzt. Dieses Modul übernimmt die Simulation des Materialflusses, d.h. nachdem jeder simulierte Körper mit einer Masse, mit einer Reibung und mit einem Schwerpunkt versehen wurde, werden die physikalischen Eigenschaften von der Physiksimation berechnet und im VR dargestellt.

Dieser neue Ansatz wird an einem konkreten Beispiel einer Roboterzelle mit Peripherie und einem einfachen Materialflussszenario demonstriert. Sie finden diese Demo auf der AUTOMATICA 2006.

*Michael Spitzweg*

# Teamsemesterarbeit „Treffsichere Dartscheibe“

**W**ie gut sind Sie im Dartspiel? Um die Mitte zu treffen, müssen Sie von nun an kein Profi mehr sein! Die Treffsichere Dartscheibe macht es Ihnen möglich.

Das Projekt „Treffsichere Dartscheibe“ entstand aus einer „verrückten Idee“, eine Dartscheibe als ein mechatronisches System so zu gestalten, dass der Werfer sicher ins „Bulls Eye“ trifft.

Um dies zu realisieren, muss die Flugbahn des Dartpfeils online erfasst, die Koordinaten des Auftreffpunktes berechnet und die Scheibe so verfahren werden, dass die Dartscheibe den Pfeil in der Mitte aufängt. Die Herausforderung dabei lag in der sehr kurzen Flugzeit eines Pfeils von durchschnittlich 250 ms.

Trotz oder vielleicht gerade weil dies keiner für möglich hielt, fanden sich acht hoch motivierte Studenten der Fakultäten Maschinenbau und Informatik der TU München, um im Rahmen einer interdisziplinären Teamarbeit zu beweisen, was mit kleinem Budget und großem Engagement möglich ist.

Neben der Umsetzung der Idee, welche als sehr anspruchsvoll einzustufen ist, stand

im Vordergrund, das Wissen über mechatronische Systeme und über interdisziplinäre Projekte an die Studenten zu vermitteln. Während des Projektablaufs lernten die Studenten in der Zusammenarbeit in einem Team, dass ein gut organisiertes Projektmanagement dringend erforderlich ist. Des Weiteren arbeitete man mit verschiedensten Projektpartnern aus der Industrie zusammen, woraufhin diese Firmen die benötigten Komponenten kostenlos zur Verfügung stellten.

Zusammenfassend kann anhand der Ergebnisse aus der Teamsemesterarbeit ohne

Einschränkungen behauptet werden, dass diese Form der universitären Ausbildung zum einen zu sehr guten Ergebnissen führt und zum anderen die Studenten auf den Arbeitsalltag eines Ingenieurs vorbereitet.

An der auf der Automatica ausgestellten ersten Version der Treffsicheren Dartscheibe knüpft nun ein neues Team von Studenten an, um mit einer anderen Technologie das System noch attraktiver zu machen.

Fordern Sie das System heraus! Wir erwarten Sie auf der Automatica!

*Michael Spitzweg*

**Treffsichere  
Dartscheibe:  
Hier treffen  
Sie immer ins  
Schwarze.**

