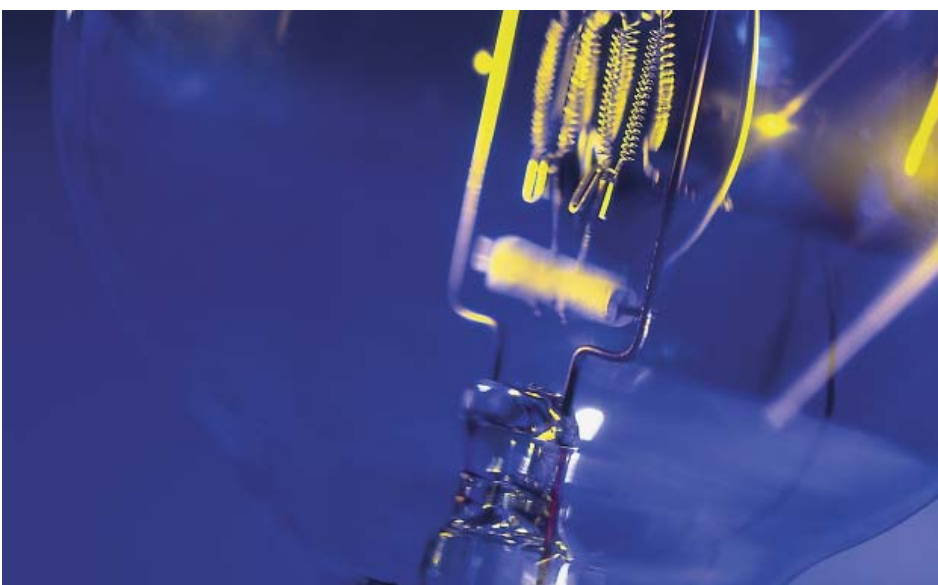




ISSN 0947-8647

# TOOLS 2.2009

Informationen der Aachener Produktionstechniker



Energie- und ressourceneffiziente  
Produktion:  
Handlungsbedarf für Industrie, Politik  
und Forschung

**WZL**  
**RWTHAACHEN**

 **Fraunhofer**  
IPT

# Inhalt

- 1 Editorial
  
- 2 **TITELTHEMA**  
Energie- und ressourceneffiziente Produktion:  
Handlungsbedarf für Industrie, Politik und  
Forschung
  
- 6 **THEMEN**  
Polierprozesse automatisiert überwachen
  
- 9 Taktile, scannende Werkstückmessung in  
Werkzeugmaschinen
  
- 12 Reduktion der Montagekosten durch  
eine frühe Betrachtung der Toleranz-  
problematik des Montageprozesses
  
- 14 **NEWS**
  
- 18 **KARRIERE**  
Umfassende Weiterbildungsoffensive  
an der RWTH Aachen
  
- 23 Total Efficiency Control –  
Ressourceneffiziente Werkzeuge stärken den  
deutschen Werkzeugbau
  
- 24 Fraunhofer-Verbund Produktion  
Mit vereinten Kräften Ressourcen schonen
  
- 25 Impressum

# Editorial

Liebe Leserinnen und Leser,

unter dem Einfluss der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise geraten manche Themen ins Hintertreffen, die vor gar nicht allzu langer Zeit noch die politische Tagesordnung bestimmt haben: Wurden etwa Maßnahmen zum Klimaschutz im Sommer 2007 noch heiß diskutiert, taucht dieses Thema in den Medien neben Hilfspaketen und Konjunkturprogrammen augenblicklich oft nur noch am Rande auf. Viel zu leicht wird übersehen, dass innovative, effizientere Technologien nicht nur dem Weltklima nützen, sondern auch enorme Wachstumspotenziale bergen und völlig neue Märkte ankurbeln können.

Die Schlagworte Energie- und Ressourceneffizienz spielen längst nicht mehr nur in den heimischen vier Wänden von Umweltaktivisten eine zentrale Rolle. Viel gewichtiger wirkt sich der nachhaltige Umgang mit den natürlichen Reserven in der industriellen Produktion aus. Hier können oft schon kleine Schritte viel bewirken und zu beachtlichen Einsparungen führen. Eine Studie, die das Fraunhofer IPT gemeinsam mit weiteren Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, Forschungsinstitutionen und Industriepartnern durchgeführt hat, geht davon aus, dass in der gesamten industriellen Produktion langfristig eine Energieersparnis von 25 bis 30 Prozent erzielt werden kann.

Für die Produktion in Deutschland bedeutet das, sich als High-Tech-Standort zu begreifen, Konzepte und Technologien zu entwickeln und zu vermarkten, die dazu beitragen, Ressourcen zu sparen und Verschwendung zu vermeiden. Mit einer hervorragenden Ausbildung unserer Fachkräfte und innovationsfreudigen Unternehmern verfügen wir schon heute über die besten Voraussetzungen, um in der gebotenen Kürze der Zeit nachhaltige Lösungen zu erarbeiten.

WZL und Fraunhofer IPT wirken dazu bereits an einer Vielzahl wegweisender Projekte, Arbeitskreise und Entscheidungsgremien mit. Gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung

unterschiedlichster Disziplinen gilt es, die komplexen Herausforderungen der Zukunft in Angriff zu nehmen – damit wir uns auch in Zukunft in einer lebenswerten Welt wiederfinden.

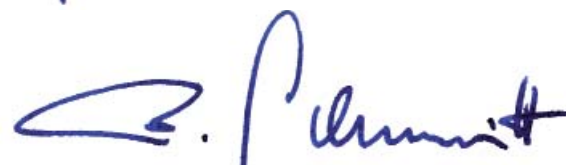
Einige vielversprechende Ansätze, an denen wir weiterarbeiten müssen, um knappe, wertvolle Ressourcen effizienter und gewinnbringend für alle einsetzen zu können, haben wir in diesem Heft zusammengetragen. Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen!



Christian Brecher



Fritz Klocke



Robert Schmitt



Günther Schuh

# Energie- und ressourceneffiziente Produktion: Handlungsbedarf für Industrie, Politik und Forschung

Im 21. Jahrhundert macht die Menschheit die Erfahrung neuer natürlicher Grenzen: Bei wachsender Erdbevölkerung geht die Verfügbarkeit von Rohstoffen wie Erdöl, Erdgas, Erz oder Wasser in den Industriegesellschaften, aber auch in den Entwicklungs- und Schwellenländern zurück. Das Konsumverhalten in Schwellenländern wie China oder Indien, das sich an den wohlhabenderen Nationen orientiert, fordert ein weltweit wachsendes Bruttosozialprodukt. Gleichzeitig ist es ein vordringliches Ziel, den globalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß deutlich zu senken, um weiteren Klimaveränderungen entgegenzuwirken.

Das Fraunhofer IPT analysierte für die Studie »Energieeffizienz in der Produktion« in Zusammenarbeit mit sieben weiteren Fraunhofer-Instituten und anderen Forschungseinrichtungen das Potenzial zur Ressourceneinsparung im produzierenden Gewerbe und leitete den Handlungsbedarf für die Produktionsforschung ab. Einen Schwerpunkt der Untersuchung bildete das Thema Energieeinsparung: In welchen Bereichen der Produktion müssen Veränderungen stattfinden, um eine höhere Energieeffizienz zu erzielen? Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte das Projekt im Rahmenkonzept »Forschung für die Produktion von morgen« (Förderkennzeichen: 02PU1000).

Die Basis für die Betrachtungen bildeten Industriegüter, die für den Produktionsstandort Deutschland als besonders wichtig gelten. Sie wurden unterteilt in die Produktkategorien »hochwertige Investitionsgüter«, »hochwertige Konsumgüter« und »Massenkonsumgüter«. Der Fokus lag dabei auf der Effizienz des Energieeinsatzes in den Prozessketten. In einer Vorstudie wurden zunächst die energieintensiven Produkte in den drei Produktkategorien analytisch bestimmt. Im Anschluss wurde in Abstimmung mit einem Industriekreis eine weitere Fokussierung nach Relevanz des zu betrachtenden Produktportfolios vorgenommen. Darauf folgte eine Analyse der Prozessketten anhand derer die verarbeiteten Materialien und wichtigsten Energieverbraucher identifiziert und untersucht wurden. Aus diesen Ergebnissen ließen sich schließlich der Handlungsbedarf für

die Produktionstechnik und der zukünftige Forschungsbedarf ableiten.

In der Untersuchung kristallisierten sich die folgenden fünf Schwerpunkte heraus, in denen dringender Forschungs- und Handlungsbedarf zur Energie- und Ressourceneinsparung besteht:

- Energie- und Materialeffizienz durch höhere Prozessstabilität
- Energie- und Materialeffizienz in mechanischen, thermischen und chemischen Fertigungsprozessen und -systemen
- Geschlossene Ressourcenkreisläufe/Ressourcenvernetzung in Prozessketten und Systemen
- Verlustfreier Infrastrukturbetrieb von Produktionsanlagen und Fabriken
- Methodenentwicklung für eine nachhaltige Energie- und Materialwirtschaft

In der gesamten industriellen Produktion lassen sich demnach mittelfristig Energieeinsparungen von 25 bis 30 Prozent erzielen. Allein für die in der Untersuchung betrachteten Produktklassen ergab sich ein Potenzial zur Energieeinsparung von rund 210 Petajoule pro Jahr. Dies entspricht etwa der Hälfte des Stromverbrauchs der privaten Haushalte in Deutschland oder vier Kraftwerken mit je 1,4 Gigawatt Leistung.

Eine Steigerung der Produktivität, die gerade jetzt zu Zeiten der Finanz- und Wirtschaftskrise eine Schlüsselrolle im Ringen um Wettbewerbsfähigkeit einnimmt, lässt sich jedoch nur erreichen,



wenn mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen wie Energie, Material und Personal intelligent und effizient umgegangen wird. Die entstehende Lücke zwischen notwendiger Produktivitätssteigerung und weiterer Ressourcenverknappung muss durch Effizienzsteigerung geschlossen werden.

### **Energie- und Materialeffizienz durch Steigerung der Prozessstabilität**

Der wohl wichtigste Faktor im Hinblick auf Ressourcenschonung ist die Einsparung von Material: So lassen sich Ressourcen nicht nur direkt beim Materialeinsatz sparen, indem Materialverluste verringert werden. Auch der gesamte Energieaufwand zur Gewinnung und Herstellung des Materials muss in die Kalkulation einbezogen werden. Gelingt es, die Herstellung fehlerhafter Teile bis auf Null zu reduzieren, leistet dies einen großen Beitrag zur Ressourceneinsparung. Ein besonders hoher Anteil an Ausschuss entsteht während des Maschinen- und Anlagenanlaufs.

Forschungsarbeiten und Entwicklungen, die dazu beitragen, Fertigungsprozesse schneller und sicherer zu starten, sowie Methoden zur Steigerung der Prozessstabilität schonen deshalb Ressourcen wie Zeit, Material und Energie. Wer rechtzeitig Prozessabweichungen erkennt und schnell darauf reagiert, kann bereits mit kleinen Investitionen lohnende Einsparungen erzielen.

### **Energie- und Materialeffizienz in mechanischen, thermischen und chemischen Fertigungsprozessen und -systemen**

Energieverluste in Fertigungsprozessen erscheinen heute oft als notwendiges Übel einer qualitativ hochwertigen Produktion. Vor allem Prozesse, die mit Zustandsänderungen des Materials einhergehen, Wärmebehandlungen oder solche mit hohen Materialverlusten verbrauchen viel Energie. Wer die Grundlast von Maschinen reduziert und Spitzenlasten vermeidet – etwa durch steuerungs-geregelte Motoren oder partielle Systemabschaltungen, kann hohe Einsparungen erzielen.

Aufgabe der Forschung und Entwicklung ist es, nicht nur kurzfristig Prozesse zu optimieren, sondern energie- und materialintensive Prozesse zu ersetzen oder gar gänzlich wegfällen zu lassen. Allein durch eine Verkürzung von Prozessketten und Verfahrensintegration lässt sich die Ressourceneffizienz je nach Anwendungsfall um bis zu 30 Prozent verbessern. So haben beispielsweise Untersuchungen an Werkzeugmaschinen ergeben, dass die Grundlasten bis zu drei Viertel der gesamten Leistungsaufnahme betragen und nur ein Viertel vom Prozess selbst verbraucht wird. Wird davon ausgegangen, dass Werkzeugmaschinen in Kleinserien teilweise nur bis zu 15 Prozent und in Großserien bis zu 40 Prozent der Betriebszeit tatsächlich arbeiten, ergeben sich durch eine

reduzierte Grundlast während Warte- und Rüstzeiten Einsparpotenziale von 10 bis 25 Prozent.

### **Geschlossene Ressourcenkreisläufe und Ressourcenvernetzung in Prozessketten und Systemen**

Hohe Einsparungen lassen sich auch durch geschlossene Ressourcenkreisläufe von Energie und Material erzielen. Nicht nur Recycling und eine bessere Medienbereitstellung stehen hier im Mittelpunkt. Immer wichtiger wird auch eine Vernetzung der Ressourcenkreisläufe innerhalb der Prozessketten und übergreifend innerhalb von Produktionsgemeinschaften. Die Spezialisierung von Unternehmen trägt durch die geringere Fertigungstiefe dazu bei, dass sich mögliche Kreisläufe immer stärker zergliedern. Energiebereitstellung, -übertragung, -wandlung und -rückgewinnung sowie die Energiespeicherung müssen daher für die Produktion ebenso erforscht und näher an Maschinen und Prozesse gekoppelt werden wie die bereits intensiv betrachtete Medienversorgung. Eine Betrachtung und Vernetzung über Prozessketten hinweg ist dabei unerlässlich.



### **Verlustfreier Infrastrukturbetrieb von Produktionsanlagen und Fabriken**

Der Energieverbrauch und die energieeffiziente Erstellung von Gütern in einer Supply-Chain spielen bislang nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die Auswirkungen einer energiebezogenen Parametrisierung eines Produktionsnetzwerkes auf die konventionellen logistischen Zielgrößen wurden bisher kaum untersucht. Eine wichtige Aufgabe ist es daher, so genannte »Energy-Supply-Chain«-Modelle zu entwerfen und zu verifizieren sowie ihre Auswirkungen auf Produktionsnetzwerke zu analysieren. Dabei wird das Supply-Chain-Management mit der klassischen Logistik und der Intralogistik weiter zusammenwachsen müssen und Bereiche der Versorgungs- und Peripherieprozesse mit aufnehmen.

Ziel zukünftiger Forschungsprojekte sollte es deshalb sein, die entsprechenden Methoden zu entwickeln, da schon lokale Optimierungen durchschnittlich 20 bis 30 Prozent an Ressourcen einsparen können. Allein im Bereich der elektrischen Antriebe sei durch den Einsatz energiesparender Technologien eine jährliche Stromeinsparung von 27,5 Mrd. Kilowattstunden möglich, so der Zentralverband der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) e.V. Durch die Vielzahl eingesetzter Elektromotoren im Bereich der Fördertechnik, die maßgeblich die Abläufe innerhalb intralogistischer Systeme bestimmt, liegt das Einsparpotenzial bei bis zu 30 Prozent der gesamten vom ZVEI prognostizierten Stromeinsparung.

### **Methodenentwicklung für eine nachhaltige Energie- und Materialwirtschaft**

Für eine ressourceneffiziente Produktion ist es unverzichtbar, alle Quellen und Senken gesamtheitlich zu erfassen. Mancher Ressourcenverschwendung lässt sich heute allein schon deshalb nur wenig entgegensetzen, weil ihre Ursachen nicht lokalisierbar sind oder sie nicht gemessen werden kann. Investitionsplanungen orientieren sich vielfach vor allem an den Investitionskosten. Den bisherigen Kennwertsystemen der Fabrik- und Anlagenplanung gilt es daher Werkzeuge und Methoden hinzuzufügen, die die relevanten

Größen an Energie und Material möglichst vollständig erfassen. Erst dann lässt sich der Verbrauch sowohl in der Investitionsphase als auch während des Betriebs bewerten, planen, optimieren und schließlich auch senken. Total Energy Management bedeutet, Methoden zur Planung und Steuerung von Fabrik- und Produktionssystemen sowie ihrer Prozesse so zu integrieren und zu erweitern, dass der Energieverbrauch am Ende sinkt. Anhand qualifizierter und bewerteter Kennzahlen lassen sich dann bei der Planung ganz bewusst energieeffiziente Anlagenteile und Technologien auswählen.

### **Nicht zuletzt: Produktentwicklung und Human Resources**

Während der Untersuchungen zur Studie stellte sich heraus, dass auch die Produktentwicklung und die Humanressourcen in engem Zusammenhang mit einer energieeffizienten Produktion stehen. Werden bereits bei der Produktentwicklung ressourceneffiziente Technologien berücksichtigt, lassen sich je nach Branche und Produkt Einsparungen von 10 bis 40 Prozent erzielen. Durch Weiterbildung und Organisation von Mitarbeitern kann außerdem der Auswahl-, Einführungs- und Umsetzungsprozess systematisiert und beschleunigt werden. Es ist zu erwarten, dass Akzeptanz und Beherrschbarkeit neuer Lösungen zunehmen und Unternehmen dadurch abermals Energie und Kosten sparen.

### **Kontakt**

Dipl.-Ing. Toni Drescher  
Fraunhofer IPT  
Telefon +49 241 8904-250  
toni.drescher@ipt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Lars Rohde  
Fraunhofer IPT  
Telefon +49 241 8904-205  
lars.rohde@ipt.fraunhofer.de



## **Arbeitskreis Energieeffiziente Produktion**

Im Arbeitskreis »Energieeffiziente Produktion« haben sich acht Institute der Fraunhofer-Gesellschaft zusammengeschlossen, um Industrieunternehmen in allen Fragen zur nachhaltigen und energieeffizienten Produktion kompetent zu beraten. Die Mitglieder des Arbeitskreises stammen aus verschiedensten Fachgebieten und sind damit in der Lage, Unternehmen zu den unterschiedlichen Themenfeldern rund um die energieeffiziente Produktion mit Rat und Tat zu unterstützen. Die Partner im Arbeitskreis nehmen die Fragen der Industrie auf und verbinden diese mit gezielten Forschungsaktivitäten. Als Ergebnis entstehen daraus individuelle Lösungen im Sinne der »green production«, mit denen sich Unternehmen von ihren Wettbewerbern abheben können.

# Polierprozesse automatisiert überwachen

Um Bauteile mit hohen Oberflächengüten zu fertigen, wird oft das Polieren als finaler Bearbeitungsschritt eingesetzt. Bei dieser Fertigungstechnologie wird ein rotierendes Polierwerkzeug mit einem weichen Poliermittelträger über das Bauteil geführt. Zusätzlich wird eine Poliersuspension, die aus einer Flüssigkeit und feinen Partikeln besteht, für einen Materialabtrag benötigt. Für die Fertigung zahlreicher optischer Bauteile wie Linsen und Spiegel ist das Verfahren unverzichtbar. Aber auch im Werkzeug- und Formenbau wächst seine Bedeutung, ebenso wie bei der Herstellung von Komponenten, die einem hohen Verschleiß unterliegen. Beispiele sind hier etwa keramische Kugellager oder medizinische Implantate. Das Werkstoffspektrum ist breit gefächert. Es umfasst Glas, Stahl, Keramik, Hartmetall und Sonderwerkstoffe.

Als Endbearbeitungsverfahren bestimmt das Polieren in starkem Maße die Funktionalität des Bauteils. Eine fehlerhafte Bearbeitung verursacht hohe Kosten, da das Verfahren am Ende der Fertigungskette steht. Gerade deshalb sind Prozessstabilität und Reproduzierbarkeit von großer Bedeutung für Industrieunternehmen, die diese Verfahren einsetzen. Verlässliche Prozessdaten bilden die Grundlage sowohl für eine wissenschaftliche Erforschung des Polierens verschiedener Werkstoffe als auch für eine systematische Optimierung des Prozesses in der industriellen Anwendung.

Für eine bessere Prozessführung und um Ausschuss zu reduzieren sind zusätzlich aktuelle Informationen über den Zustand des Poliersystems gefordert. Das Fraunhofer IPT arbeitet deshalb an einem Überwachungssystem zur Erfassung und Dokumentation zahlreicher Prozessdaten. Die kontinuierliche Erfassung und unmittelbare Aufbereitung aussagekräftiger Messgrößen tragen dazu bei, dass der Maschinenbediener oder ein automatisches System Prozessstörungen rechtzeitig erkennt und bereits im Voraus darauf reagieren kann.

Eine manuelle Datenerfassung ist fehleranfällig, auf diskrete Zeitpunkte beschränkt und mit einer hohen Arbeitsbelastung des Maschinenbedieners verbunden. Sie ist deshalb für die hohe Anzahl zu überwachender Größen beim Polieren nicht praktikabel und für die kontinuierliche Prozessüberwachung ungeeignet.

## Überwachen von Poliersuspension und Leistungsaufnahme der Spindeln

Das Fraunhofer IPT erforscht im Sonderforschungsbereich SFB/TR4 »Prozessketten zur Replikation komplexer Optikkomponenten« unter anderem die Grundlagen des Polierens von Stahl und Keramik. Ergänzend dazu wurde und wird in mehreren Projekten, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), das chemo-mechanische Polieren von Glas untersucht.

Auf Basis dieser Grundlagenuntersuchungen stellen sich aussagekräftige chemische, mechanische und thermische Messgrößen für das automatische Prozessüberwachungssystem heraus: Der Zustand der Poliersuspension und chemische Reaktionen während des Polierens lassen sich durch die Messung des pH-Werts und der elektrischen Leitfähigkeit erfassen. Beim Polieren von Glas entstehen Polierfehler unter anderem durch agglomerierte Polierkörner. Das Agglomerationsverhalten lässt sich durch Bestimmung des Zetapotenzials verhältnismäßig kostengünstig und kontinuierlich beschreiben.

Eine weitere wichtige Messgröße ist die Temperatur der Poliersuspension. Die Temperatur beeinflusst den Materialabtrag und die Formgenauigkeit des polierten Bauteils. Die Differenz zwischen Zulauf- und Rücklauf-temperatur lässt dabei zusätzlich Rückschlüsse auf thermische Vorgänge beim Polieren zu. Ergänzend zu den verschiedenen Eigenschaften der Poliersuspension werden die elektrischen Leistungen der Polier-

spindeln erfasst und weitere Kenngrößen wie die verrichtete Polierarbeit und Reibwerte berechnet. Der Vergleich dieser Größen erlaubt Rückschlüsse auf die Eingriffsverhältnisse in der Bearbeitungszone. Die Eingriffsverhältnisse bestimmen unter anderem den Materialabtrag und damit die Dauer des Polierprozesses.

### Bedienung über grafische Benutzeroberfläche

Die automatische Datenerfassung und Prozessüberwachung wurden im BMWi-geförderten Projekt »Prozessüberwachung bei der Politur optischer Gläser« auf Basis der bekannten LabView-Programmierungsumgebung implementiert. Das System unterstützt den Maschinenbediener bei der Prozessführung und protokolliert gleichzeitig die kontinuierlichen und diskontinuierlichen Daten für eine spätere Prozessanalyse. Die Bedienung des Programms erfolgt über eine grafische Benutzeroberfläche, deren einfache Handhabung schnell zu erlernen ist.

Zu Beginn einer Bearbeitungsserie fordert das System den Nutzer zur Eingabe allgemeiner Informationen wie Werkstoff, Poliermittel und Name des Bedieners auf. Anschließend können die aktuellen Messwerte zur Überprüfung und zum Einstellen bestimmter Suspensionseigenschaften angezeigt werden. Während der einzelnen Prozessschritte unterstützt die Software den Maschinenbediener bei der Prozessführung, indem sie bedeutsame Messgrößen kontinuierlich anzeigt und optische oder akustische Warnsignale beim Verlassen vorgegebener Prozessfenster abgibt. In den aktuellen Verlauf der Messgrößen werden die Daten der beiden letzten Polierschritte zum direkten Vergleich eingeblendet. Für eine spätere Prozessanalyse protokolliert das System im Hintergrund alle Messdaten in einer Textdatei. Die kontinuierlichen Messdaten werden für eine vollständige Dokumentation des Prozesses mit diskontinuierlichen Daten verknüpft, die vor Prozessbeginn oder nach Prozessende über eine Eingabemaske erfasst werden. Beispiele dafür sind die Materialabtragsrate oder Oberflächenkennwerte. Zum Abschluss eines Poliervorgangs berechnet das System statistische Kenngrößen wie Mittelwerte und Standardabweichungen der

kontinuierlichen Messdaten, zeigt diese dem Bediener an und legt sie in einer Protokolldatei ab.

Bei der Programmierung und der Auswahl der Messgeräte stand eine hohe Flexibilität im Vordergrund, so dass sich das System mit geringem Aufwand an die meisten konventionellen Poliermaschinen anpassen lässt. Beispielsweise erfolgt die Eingabe benötigter Konstanten und Einstellungen über separate Menüs innerhalb der grafischen Benutzeroberfläche.



Chemo-mechanisches Polieren von Glas.

### Bessere Prozessführung und standardisierte Prozessdatenerfassung

Das Überwachungssystem wird seit zwei Jahren in verschiedenen Forschungs- und Industrieprojekten des Fraunhofer IPT für unterschiedliche Polierprozesse mit Glas, Stahl und Keramik erfolgreich eingesetzt. Die gewonnenen Daten tragen dazu bei, Forschungsfragen zu beantworten: So lassen sich neue Erkenntnisse über die Zusammenhänge beim Polieren gewinnen und Grundlagen für eine gezielte Prozessbeeinflussung schaffen.

Aus bestimmten Messwertverläufen können auch Prozessstörungen aufgedeckt werden: Die Polierleistung weist beispielsweise eine verläss-

liche Korrelation mit dem Abtragsverhalten auf, so dass ein deutlicher Abfall auf einen reduzierten Materialabtrag hinweist. Eine steigende Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Rücklauftemperatur signalisiert eine mangelnde Versorgung mit Poliersuspension. In dem erwähnten BMWi-Projekt setzten drei Unternehmen der Optikindustrie das System vor Ort ein, um eigene Fragen zu beantworten.

Der Vorteil des Systems liegt zunächst in einer standardisierten und automatisierten Erfassung und Aufbereitung zahlreicher Prozessdaten. Die Dokumentation nicht automatisch erfassbarer, diskontinuierlicher Daten ist durch Bedienerabfragen sichergestellt. Im Vergleich zu einer manuellen Aufzeichnung wird der Maschinenbediener entlastet und gleichzeitig die Informationsdichte erhöht. Die Berechnung statistischer Kennwerte und die standardisierte Speicherung aller Daten erlauben es, die Daten einzelner Prozessschritte für eine übergreifende Prozessanalyse automatisiert zu verdichten. Die verfügbaren, kontinuierlichen Messdaten können in Kombination mit einem festgelegten Prozessfenster die Ausschussquote verringern. Das Fraunhofer IPT entwickelt das System im Hinblick auf Bedienkomfort und Erkennung von Prozessfehlern kontinuierlich weiter und integriert übergeordnete Auswertungen.

### **Kontakt**

Dipl.-Ing. (FH) Udo Schneider  
Fraunhofer IPT  
Telefon +49 241 8904-143  
udo.schneider@ipt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Daniel Wächter  
Fraunhofer IPT  
Telefon +49 241 8904-469  
daniel.waechter@ipt.fraunhofer.de

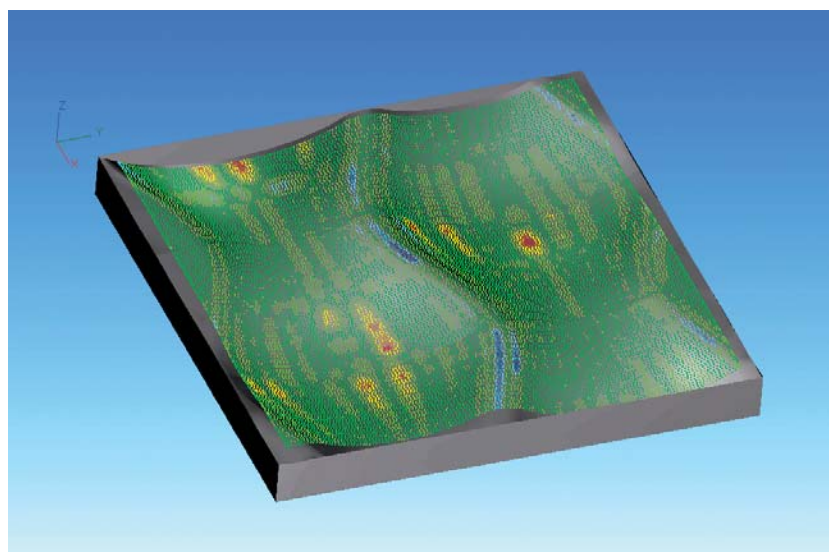
# Taktile, scannende Werkstückmessung in Werkzeugmaschinen

Die Herstellung kleiner Losgrößen zu den Stückkosten einer Serienfertigung ist eines der großen Ziele produktionstechnischer Forschung. Dabei bestehen gerade bei sehr teuren Bauteilen wie zum Beispiel Turbinenschaufeln, Werkzeugen und Formen gute Chancen, die Stückkosten mit Hilfe flexibler, fertigungsintegrierter Prüfsysteme zu senken. Um die Durchlaufzeiten zu verkürzen, bietet sich bei Bauteilen mit langen Hauptzeiten oder großem Hauptzeitanteil die Geometrieprüfung direkt auf der Fertigungsmaschine an

In Werkzeugmaschinen kommen heute zumeist optische oder taktil-schaltende Messsysteme zum Einsatz. Sie dienen dazu, die Werkstücklage zu erfassen oder einfache geometrische Merkmale zu messen. Optische Verfahren sind den taktilen in der Geschwindigkeit überlegen, weisen jedoch Defizite bei der erreichbaren Genauigkeit und Robustheit auf. Diese hängen stark vom Werkstück und vom Messumfeld ab. Sowohl die Beschaffenheit der Werkstückoberfläche als auch Verschmutzungen, Späne und Kühlschmierstoff können die Messung beeinträchtigen. Die genaue messtechnische Erfassung komplexer Werkstückgeometrien ist mit taktil-schaltenden Tastern dagegen sehr zeitintensiv. Denn die genaue Erfassung der Geometrien erfordert eine große Anzahl an Messpunkten und jeder Messpunkt muss dabei einzeln angefahren werden. Der nächste Evolutionsschritt geht deshalb in Richtung scannender Messsysteme, die in der Lage sind, frei geformte Bauteile direkt in der Werkzeugmaschine auf ihre Maßhaltigkeit hin zu überprüfen.

## Scannen mit hoher Punktdichte

Das WZL entwickelte zu diesem Zweck ein Messkonzept, das mit Hilfe eines messenden Tasters ein linienförmiges Scannen der Werkstückkontur auf der Werkzeugmaschine erlaubt. Grundlage des Messsystems ist ein taktiler Höhentaster, der in eine Standardwerkzeugaufnahme – hier HSK 63A – integriert wurde. Durch eine entsprechende Schnittstelle gelingt es, Taster und Datenkabel zu entkoppeln, so dass der Sensorkopf vollständig automatisiert aus dem Magazin der Werkzeugmaschine eingewechselt werden kann.



»Soll-Ist« Vergleich zeigt fertigungsbedingte Abweichungen zum CAD-Modell

Indem die vorhandene Achskinematik der Werkzeugmaschinen genutzt wird, folgt der Höhentaster der Oberflächenkontur des Werkstücks. Dabei zeichnet das System laufend die Abstandsänderung zwischen dem Tool Center Point (TCP) der Maschine und der Bauteiloberfläche auf. So lässt sich die Geometrie des Werkstücks in kurzer Zeit mit einer hohen Punktdichte erfassen. Jeder Messpunkt repräsentiert einen Punkt auf der Oberfläche des Werkstücks. Die Daten setzen sich zusammen aus der Höheninformation des Messtasters sowie der aktuellen Position der translatorischen und rotatorischen Verfahrachsen im Maschinenkoordinatensystem. Die synchrone Erfassung aller Positionswerte in jedem Messpunkt ist dabei eine notwendige Voraussetzung für die Integrität der gesamten Datenaufnahme. Aus diesem Grund erfasst der Messrechner die Positionsimpulse der Maschinenkinematik unab-

hängig von der Maschinensteuerung direkt an den Drehgebern und den Wegmesssystemen des Bearbeitungszentrums. Diese Vorgehensweise erlaubt anschließend die Überführung der 1D-Messwerte des taktilen Sensors in eine Punktwolke, die die erfasste Bauteiloberfläche in kartesischen Koordinaten repräsentiert.

### Bahnen für unterschiedliche Scanstrategien generieren

Für die Erfassung der Werkstückkontur stehen prinzipiell zwei unterschiedliche Scanstrategien – 2D und 5D – zur Verfügung. Beide stellen jeweils unterschiedliche Anforderungen an die Bahngenerierung und die nachfolgende Messdatenaufbereitung.



Taktiler, scannendes Messsystem integriert in Werkzeugmaschine

Der 2D-Ansatz setzt auf eine reine Bewegung der Maschinenachsen in der X-Y-Ebene ohne Zustellung in Z-Richtung und ohne Einbindung des dreh- und schwenkbaren Maschinentisches. Die Bauteiloberfläche wird dabei mäanderfö-

rmig abgetastet, wobei der Messbereich des Höhentasters den maximal möglichen Z-Hub der Bauteiloberfläche begrenzt. Diese Scanstrategie ist besonders für unbekannte Freiformflächen geeignet, bei denen kein CAD-Modell zur Bahngenerierung herangezogen werden kann. Bei räumlich gekrümmten Freiformflächen führt eine nicht-orthogonale Antastung der Oberfläche durch das Antastelement des Höhentasters jedoch dazu, dass sich Mess- und Antastpunkt voneinander unterscheiden. Der Antastvektor und damit die Richtung der Tastkugeleradiuskorrektur kann in diesem Fall nur geschätzt werden, da im Gegensatz zu scannenden Tastern in Koordinatenmessgeräten keine Informationen aus Antastkräften und der Antastauslenkung ermittelt werden können. Die Bestimmung des Antastvektors erfolgt an dieser Stelle nachträglich aus der Morphologie der aufgezeichneten Punktwolke. Dafür wird zunächst ein 2½D-Ausgleichselement oder eine Ausgleichsfläche durch die Messpunkte gelegt. Der Normalenvektor zu dieser Fläche im jeweiligen Messpunkt liefert dann eine Näherung des Antastvektors.

Die 5D-Scanstrategie zeichnet sich dadurch aus, dass das Werkstück immer in Richtung des jeweiligen Normalenvektors des entsprechenden Oberflächenpunktes angetastet wird. Dadurch entfällt eine nachträgliche Kompensation des Tastkugeleradius, denn Antastpunkt und Messpunkt sind identisch. Allerdings stellt die 5-Achs-Simultanbewegung zur Aufrechterhaltung einer orthogonalen Antastung höchste Ansprüche an die Steuerung der Maschine und an die Bahngenerierung. Diese erfolgt durch eine CAD/CAM-Software, analog zur Generierung der Werkzeugwege. Der Einsatz aller Achsen bedingt allerdings auch, dass jeder Messpunkt in einem höherdimensionalen Raum dargestellt wird. Zur Rückführung dieser Punkte in das Werkstückkoordinatensystem bedarf es daher einer Transformation, die speziell auf die vorhandene Maschinenkinematik abgestimmt ist. Nur so lässt sich eine Punktwolke in kartesischen Koordinaten erzeugen. Wichtigstes Element der Transformation ist eine Matrix, die die kinematische Kette der Werkzeugmaschine aus drei zueinander senkrechten Linearachsen und den rotatorischen Achsen am werkstückseitigen Ende der Kette lückenlos beschreibt. Eine solche Matrix

leitete das WZL speziell für das verwendete Fräs-Bearbeitungszentrum aus den Kalibrierdaten der Maschine ab.

### **Hochgenaue maschinenintegrierte Messsysteme**

Besonders um den speziellen Eigenschaften des Messsystems Rechnung zu tragen, gilt es verschiedene Messstrategien zu untersuchen und zu bewerten. Höhentaster sind prinzipbedingt vergleichsweise empfindlich gegenüber auftretenden Querkräften. Um die Querkräfte zu reduzieren, untersucht das WZL optimale Vorgaben zur Bahngenerierung im CAM und identifiziert Möglichkeiten einer lokalen Anpassung des Bahnvorschubs. Darüber hinaus werden verschiedene Antastelemente wie Kugel oder Rad auf ihre Fähigkeit hin getestet, um auftretende Querkräfte zu minimieren.

Die Arbeiten zur Entwicklung von Strategien für unterschiedliche Messaufgaben sind eng verknüpft mit den Tätigkeiten zur Validierung des Messsystems. Reale Werkstückeigenschaften wie Oberflächenstruktur und Krümmung wirken sich direkt auf die Qualität des Messergebnisses und die resultierenden Abweichungen aus. Um diese Einflussgrößen besser zu bestimmen, nimmt das WZL Untersuchungen an Kalibrierkörpern vor, deren Geometrie zuvor auf einem taktilen Koordinatenmessgerät hochgenau gemessen wurde. Diese können später als Referenz für das maschinenintegrierte Messsystem verwendet werden.

### **Kontakt**

Dipl.-Ing. Sebastian Pollmanns  
WZL der RWTH Aachen  
Telefon +49 241 80-28396  
s.pollmanns@wzl.rwth-aachen.de

# Reduktion der Montagekosten durch eine frühe Betrachtung der Toleranzproblematik des Montageprozesses

Um einen effizienten Montageprozess zu gestalten, müssen verschiedene Aspekte betrachtet und abgewogen werden. Die Erfahrung zeigt, dass ein wesentlicher Aspekt, der einen großen Einfluss auf die Effizienz der Montage nimmt, die einzuhaltenden Toleranzen sind. Aus diesem Grund erarbeitete das WZL ein Konzept, das zur Auslegung eines Montageprozesses durch Betrachtung der funktionsbedingten Toleranzen dient.

In der Montage wird aus einer Reihe von Teilen ein Produkt mit einer definierten Funktion hergestellt. Dabei müssen komplexe Produkte nicht nur gefügt sondern auch geprüft und in Betrieb genommen werden – diese Schritte sind in der Montage eng miteinander verzahnt. Da die Montage in der Regel am Ende der betrieblichen Wertschöpfungskette erfolgt, stellt sie den Schlüssel dafür, dass Produktmerkmale in der angestrebten Qualität umgesetzt werden. Sie bietet die letzte Gelegenheit, die Merkmale und ihre Ausprägung zu beeinflussen.

Um Produktmerkmale in der angestrebten Qualität zu garantieren, werden während der Konstruktion eines Produkts Toleranzen festgelegt. Diese Toleranzen stellen aus Sicht der Montage Vorgaben und Restriktionen dar, die den zulässigen Lösungsraum bei der Montageplanung einschränken. Die im geplanten Montageprozess realisierbaren Toleranzen schränken ihrerseits wiederum den zulässigen Lösungsraum bei der Konstruktion ein. Diese Wechselwirkung erfordert es, schon zu einem frühen Zeitpunkt im Produktentstehungsprozess mit der toleranzgerechten Montageplanung zu beginnen. Denn dann lassen sich die Zwischenergebnisse der frühen Montageplanung noch bei der Konstruktion berücksichtigen. So können konstruktive Änderungen am Produkt ohne großen Aufwand durchgeführt und eine effiziente Montage garantiert werden.

Für diese Aufgabe erarbeitete das WZL am Beispiel der automatisierten Montage eines miniaturisierten Festkörperlasers im Exzellenzcluster »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« eine Vorgehensweise, die eine toleranz-

gerechte Auslegung des Montageprozesses bereits in den frühen Phasen der Produktentstehung erlaubt. Damit lässt sich der Montageprozess so auslegen, dass die Funktion des Produktes in der gewünschten Qualität effizient realisiert wird.

Im ersten Schritt der Vorgehensweise ist es wichtig, auf die hohe Anzahl an Toleranzen einzugehen, die technische Produkte in ihren Einzelteilen und Funktionen enthalten. Die Berücksichtigung sämtlicher Toleranzen eines Produkts bei der Montageplanung ist in der Regel wirtschaftlich nicht sinnvoll. Aus diesem Grund werden im Rahmen der Vorgehensweise zunächst die bei der Montageplanung zu berücksichtigenden Toleranzen aus den Kundenforderungen abgeleitet. Die Ableitung der Toleranzen, die es zu berücksichtigen gilt, geschieht anhand der Methode der Key Characteristics, die in den 80er Jahren in US-Unternehmen eingeführt und seitdem im Rahmen wissenschaftlicher Publikationen kontinuierlich weiterentwickelt wurde. Hier wird zugleich ein grundlegendes Verständnis für das Produkt geschaffen, das für die Auslegung eines effizienten Montageprozesses unabdingbar ist.

Auf Basis des Verständnisses für das Produkt und der zu berücksichtigenden Toleranzen gilt es, Alternativen für die einzelnen Montageschritte zu erarbeiten, in denen Bauteile zu Teilen höherer Ordnung mit Montagemitteln zusammengebaut werden. Dabei wird analysiert, ob durch die jeweilige Alternative die gewünschte Toleranz erzielt werden kann. Außerdem wird untersucht, ob sich durch eine Modifikation der Alternative ihre Effizienz noch steigern lässt.

Im Anschluss daran sind die möglichen Reihenfolgen zu bestimmen in denen die Bauteile montiert werden können. Durch die jeweilige Montagereihenfolgenalternative werden die einzelnen Montageschritte zu einem Montageprozess zusammengesetzt. Die Grundlage für die Verknüpfung bildet eine Analyse der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Montageschritten.

Schließlich werden die Montageprozesse, die sich aus den alternativen Montageschritten und den alternativen Reihenfolgen ergeben, anhand einer Nutzwertanalyse bewertet und der am besten geeignete Montageprozess ausgewählt.

Die Erarbeitung und die Analyse der Alternativen für die einzelnen Montageschritte werden durch eine Visualisierung der Toleranzketten unterstützt. Um die Toleranzketten der Montageschrittalternativen im Rahmen der Montageplanung effizienter zu gestalten bzw. zu verkürzen, können eine Reihe von Methoden verwendet werden:

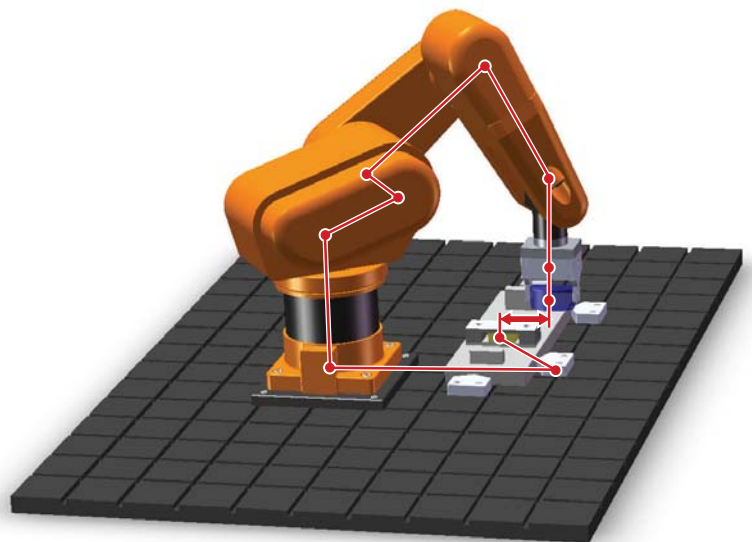
So kann die Toleranzkette verkürzt werden, indem mindestens ein Glied der Toleranzkette reduziert wird. Dies könnte in einem Montageprozess etwa durch den Einsatz eines Roboters mit einer höheren Wiederholgenauigkeit erreicht werden – in der Regel geht dies jedoch mit höheren Kosten einher.

Eine weitere Methode zur Verkürzung der Toleranzkette besteht darin, die Anzahl der Glieder der Toleranzkette zu verringern. So kann zum Beispiel durch eine direkte Messung und Nachführung der aktuellen Position des Robotergräfers der Positionsfehler des Roboters aus der Toleranzkette eliminiert werden.

Um die Effizienz der Realisierung der Montagequalität zu erhöhen, kann bei Einhaltung des Gesamtkriteriums der Toleranzkette, also der zu berücksichtigenden Toleranz, auch eine wechselseitige Änderung der einzelnen Glieder zum Ziel führen: Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn die Kürzung eines Gliedes mit relativ geringen Kosten verbunden ist, während die Verlängerung eines anderen mit relativ hohen Einsparungen einhergeht.

Der simultane Einsatz der drei genannten Methoden führt zu einer Verkürzung und/oder Steigerung der Effizienz der Toleranzkette.

In der Praxis ist häufig zu beobachten, dass zur Realisierung von funktionsbedingten Toleranzen äußerst aufwändige Montageprozesse geplant werden, die mit kostenintensiven Montagemitteln einhergehen. Die hier gezeigte Vorgehensweise stellt ein Hilfsmittel bereit, mit dem sich dieser Misstand beheben lässt. Denn die Fokussierung auf die Toleranzen hilft dabei, den Montageprozess so auszulegen, dass eine effiziente Realisierung der Funktion des Produkts in der gewünschten Qualität erzielt wird.



## Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Rainer Müller  
Telefon +49 241 80-27733  
r.mueller@wzl.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Martin Esser  
Telefon +49 241 80-28239  
m.esser@wzl.rwth-aachen.de

Dipl.-Wirt.-Ing. Christian Janßen  
Telefon +49 241 80-28221  
c.janssen@wzl.rwth-aachen.de

## Ausgezeichnet: Neues laserunterstütztes Scherschneidverfahren

Herausragende Schnittflächenqualitäten sowie hohe Effizienz, Präzision und Ressourcenschonung verspricht das laserunterstützte Scherschneiden, ein neues Verfahren zur Blechbearbeitung. Für die Entwicklung wurde Dipl.-Ing. Michael Emonts, Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fraunhofer IPT und Gruppenleiter des Bereichs »Faserverbund- und Lasersystemtechnik«, am 20. April 2009 während der Hannover Messe mit dem 2. Platz des Ferchau Innovationspreises ausgezeichnet.

Das laserunterstützte Scherschneiden erzielt erstmals bei hochfesten Blechwerkstoffen auch mit konventionellen Stanz-/Nibbelmaschinen Trennkanten mit hundertprozentigen Glattschnittanteilen im Normalschneidverfahren. Bisher gelang dies nur mit vergleichs-

weise teuren, unflexiblen und großen Spezialpressen mit erheblich größerer Pressenkraft. Dazu wird der Werkstoff gezielt innerhalb weniger Zehntelsekunden durch Absorption von Laserstrahlung auf der Blechunterseite erwärmt, kurz bevor der Schneidstempel auf der Blechoberseite auftrifft. So erhöht sich das Fließvermögen des Werkstoffs in der Scherzone, wo die größten Druck- und Zugspannungen während des Scherschneidens auftreten, so dass die Bruchphase vermieden werden kann.

### Kontakt

Dipl.-Ing. Michael Emonts  
Fraunhofer IPT  
Telefon +49 241 8904-150  
michael.emonts@ipt.fraunhofer.de

## Elektro-Roller für Professor Günther Schuh

Rund 70 Cent Antriebskosten auf 100 km, eindrucksvoller kann man sich nicht für den Alltag empfehlen. Die kleinen elektrogetriebenen Stadtroller sind auf dem Vormarsch. Deshalb weihte Prof. Günther Schuh nun in seiner Funktion als Prorektor die erste Elektro-Tankstelle am »SuperC« der RWTH Aachen ein. Kostenlos können hier in Zukunft Elektro-Fahrzeuge der Hochschule mit Energie betankt werden. Damit es aber auch etwas zu betanken gibt, hat die Stawag Stadtwerke Aachen AG beschlossen, der Hochschule einige Elektro-Roller zu Verfügung zu stellen. Einer, der in Zukunft umweltfreundlich durch

Aachen kurven darf, ist Prof. Günther Schuh, dem Arno Marx vom Fuhrpark der Stawag das neue Gefährt überreichte. Sichtlich erfreut drehte Schuh nach einer kurzen Einweisung erste Runden vor dem WZL-Gebäude. Ein kleiner Wermutstropfen trübte die Freude am neuen Fahrzeug dennoch: Es war nur leihweise im WZL, nach zwei Wochen holte die Stawag es wieder ab.

Fuhrpark-Mitarbeiter Arno Marx von der Stawag überreichte Prof. Günther Schuh einen Elektroroller.



## Wüstenrallye-Team des Fraunhofer IPT erfolgreich in Jordanien angekommen

Fünf Aachener Fahrer des Wüstenrallye-Teams »Aixpedition Orient« sind erfolgreich in der jordanischen Hauptstadt Amman angekommen: Am 17. Mai hat das Team unter Beteiligung der beiden Fraunhofer-IPT-Mitarbeiter Janko Kukulja und Sven Schumacher an der Siegerehrung mit der jordanischen Prinzessin Basmah bint Talal teilgenommen.

Die beiden Rallyefahrzeuge waren im Vorfeld extra an die besonderen Anforderungen der Strecke angepasst worden: Bodenbleche zum Schutz der Ölwanne (die sich in Jordanien auszahlen sollten), Rallye-Scheinwerfer und eine selbst gebastelte Dusche, die auf dem Dach montiert und mit Druckluft betrieben wurde.



Die Rallye »Allgäu-Orient« – offizieller Startpunkt war das bayerische Oberstaufen – gilt als die Low-Budget-Alternative zur Rallye Paris-Dakar und sieht sich als reine Benefiz-Veranstaltung. Im Mittelpunkt der Reise stehen Spaß und Völkerverständigung: Die über 20 Jahre alten Fahrzeuge, die nicht mehr als 2 000 Euro kosten dürfen, werden am Ende vor Ort in Jordanien zugunsten des World Food Programme der UN versteigert. Die Benutzung von GPS, Autobahnen und Mautstraßen ist verboten. Als Sponsoren unterstützten das Fraunhofer IPT, die RHIEM Druck GmbH und die Heim & Haus GmbH das Aachener Team.

An der Siegerehrung in Amman am 17. Mai nahmen die jordanische Prinzessin, Regierungsvertreter und Diplomaten teil. Das Team Aixpedition-Orient belegte den 4. Platz, ebenso wie alle anderen Teams, die nicht unter den ersten drei waren. Doch das Ziel dieser Rallye war es ohnehin nicht, möglichst schnell nach Amman zu kommen, sondern Menschen und Länder kennen zu lernen – und dieses Ziel hat das Aixpedition-Orient-Team mit Bravour erreicht.

## Karl Schwiegelshohn verabschiedet

Nach genau 30 Jahren als Vorsitzender des Freundeskreises des Werkzeugmaschinenlabors ist Dr.-Ing. Karl Schwiegelshohn auf der diesjährigen Jahresversammlung als Vorsitzender aus Altersgründen zurückgetreten. Dr. Schwiegelshohn ist inzwischen 82 Jahre alt und möchte seine Aufgaben nun Jüngeren überlassen. Während eines gemeinsamen Abendessens dankte WZL-Direktor Prof. Fritz Klocke dem scheidenden Vorsitzenden für seine langjährige Tätigkeit, der WZL-Freundeskreis ernannte ihn zum Ehrenmitglied. Dr. Schwiegelshohns Nachfolger als Vorsitzender der wichtigen Förder-einrichtung des WZL ist Dr.-Ing. W. Hans Engelskirchen.

## Vier Nachwuchs-Ingenieure am WZL ausgezeichnet

Der Freundeskreis des WZL, dem rund 50 hochrangige Vertreter produzierender Unternehmen angehören, fördert seit seiner Gründung im Jahr 1961 Forschung und Lehre des Instituts. Um den wissenschaftlichen Nachwuchs noch stärker zu motivieren, hat sich der Freundeskreis entschlossen, die Auszeichnung »Best Junior Engineer Award« zu verleihen. Jährlich werden bis zu vier Nachwuchs-Ingenieure für ihre herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der Produktionstechnik mit diesem Preis ausgezeichnet, der mit jeweils 1 000 € dotiert ist.

Die ersten Preisträger des Best Junior Engineer Award 2009 sind Dipl.-Ing. Alexander Schönberg, Dipl.-Ing. Stefan Rudolf, Dipl.-Ing. Alexander Krämer und Dipl.-Ing. Benedikt Sitte. Diese jungen Ingenieure zeichnen sich nicht nur durch ihre unterdurchschnittliche Studiendauer aus, sondern gleichzeitig auch durch exzellente Studienleistungen. Alle vier arbeiten seit Beendigung ihres Studiums als wissenschaftliche Mitarbeiter am WZL.

## Danke zum Abschied

Das letzte Spiel der Alemannia auf dem ehrwürdigen Aachener Tivoli nach mehr als 100 Jahren, das war Emotion pur. Aber es galt nicht nur vom alten Tivoli Abschied zu nehmen, sondern auch vom langjährigen Präsidenten der Alemannia, Prof. Dr.-Ing. Horst Heinrichs, der nicht mehr für dieses Amt kandidiert. Der ehemalige WZLer Horst Heinrichs hatte die Alemannia in ihrer schwierigsten Zeit vor sieben Jahren übernommen, sie bis in die erste Fußball-Bundesliga geführt und in den vergangenen Jahren den Kontakt zwi-

schen dem Verein und dem WZL nicht abreißen lassen. Grund genug, ihm den gebührenden Dank zu erweisen: Ausgestattet mit einem großen Banner zog die Alemannia-Fangemeinde um Professor Robert Schmitt zum Tivoli und vertrat im legendären X-Block direkt unter der Anzeigentafel das WZL – bei herrlichem Sonnenschein und ausverkauftem Stadion. Und natürlich siegte die Alemannia an diesem Tag mit enthusiastischer WZL-Unterstützung 4:0 gegen die Gäste aus Augsburg.

Prof. Robert Schmitt (rechts) und Oberingenieur Reinhard Freudenberg mit ihrem Danke-Banner vor dem Tivoli



## Ehrendoktorwürde für Professor Fritz Klocke

Die Aristoteles-Universität zu Thessaloniki hat Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Fritz Klocke seine zweite Ehrendoktorwürde verliehen. Klocke erhielt diese hohe Auszeichnung für seine wissenschaftlichen Leistungen in der Produktionstechnik und die von ihm initiierten und aktiv gestalteten internationalen Kooperationen sowie für seine Leistungen

als Lehrer und Betreuer von Studierenden der Ingenieurwissenschaften. Dies ist bereits die zweite Ehrendoktorwürde für den WZL-Direktor und Leiter des Fraunhofer IPT, nachdem ihm im Jahr 2006 die Leibniz-Universität Hannover den Titel »Dr.-Ing. Ehren halber« verliehen hatte.



Freude über die Ehrendoktorwürde für Prof. Fritz Klocke: v.l.n.r. Prof. Konstantinos Bouzakis (Universität Thessaloniki), Prof. Martina Klocke, Prof. Fritz Klocke, Prof. Nikos Mousiopoulos (Dekan der polytechnischen Fakultät der Universität Thessaloniki), Prof. Robert Schmitt (WZL/ Fraunhofer IPT).

## Mikrostrukturierte Formwerkzeuge für den Kunststoffspritzguss

Ob Schalterelement oder Armaturenbrett – viele Produkte, vor allem für die Automobilindustrie, werden aus Kunststoffen hergestellt. Mit der Vielfalt wachsen aber auch die Ansprüche an die Produktqualität. Um komplex strukturierte Werkzeuge schneller, kostengünstiger und reproduzierbar herzustellen, entwickelte das Fraunhofer IPT das Laserstrahlstrukturieren von Oberflächen. Ziel im BMWi-geförderten InnoNet-Projekt »QualiStruk3D« ist es nun, diese leistungsfähige Fertigungstechnologie weiter zu verbessern und so den steigenden Qualitätsanforderungen gerecht zu werden. Elf Partner aus Industrie und Forschung bringen praktisches Wissen aus dem

Fertigungsalltag ein und sichern die Umsetzbarkeit der Projektergebnisse.

Auf Basis der Forschungsergebnisse aus dem Vorgängerprojekt »FlexOStruk« erweitert das Fraunhofer IPT im aktuellen Projekt das Prozesswissen über die Potenziale und Grenzen unterschiedlicher Laserstrahlquellen. Außerdem optimieren die Aachener Ingenieure die Datengenerierung für die Bearbeitung, indem die Datenmenge verringert wird. Anhand neuer Bearbeitungsstrategien lassen sich dann selbst großflächige Bauteile mit hochgenauen, nahtlosen und abgebildungstreuen Strukturen versehen. Weiterentwicklungen der Systemtechnik steigern die Leistungs-

fähigkeit des Laserstrahlstrukturierens von Formwerkzeugen zusätzlich. Durch die Arbeiten gewinnen die Projektpartner auch neues Prozesswissen über die Zusammenhänge zwischen der Werkzeugstruktur, den Parametern des Spritzgießprozesses und der erreichten Produktqualität.

### Kontakt

Dipl.-Ing. Kai Winands  
Fraunhofer IPT  
Telefon +49 241 8904-421  
kai.winands@ipt.fraunhofer.de

# Umfassende Weiterbildungsoffensive an der RWTH Aachen

Die Wirtschaftskrise stellt Unternehmen vor große Herausforderungen. Mit dem zweiten Konjunkturprogramm hat die Bundesregierung zwei arbeitsmarktpolitische Maßnahmen eingeleitet, um die Unternehmen zu unterstützen: Erstens soll Kurzarbeit Entlassungen verhindern. Zweitens soll die Kurzarbeit zur Qualifizierung der Mitarbeiter genutzt werden. Die RWTH Aachen hat im Rahmen einer Weiterbildungsinitiative ein Portfolio an Weiterbildungsmaßnahmen für Fach- und Führungskräfte zusammengestellt und setzt damit ein bildungspolitisches Zeichen.

## Akademische Weiterbildung im Fokus

Lange Zeit hat sich die Bildungspolitik nur auf junge Menschen, auf Schule und Erstausbildung konzentriert. Als in den 90ern die Arbeitslosenzahlen in die Höhe schnellten, dauerte es lange, bis sich die bildungspolitischen Bemühungen auch auf Arbeitslose und Wiedereinsteiger ausweiteten. Ihnen sollte über Weiterbildung der Weg zurück in den Arbeitsmarkt geebnet werden.

Erst über die Wirtschaftskrise ist der »normale« Erwerbstätige in den Fokus der Bildungspolitik geraten. Dabei besitzt gerade die akademische Weiterbildung in vielen Berufen einen hohen Stellenwert. Vor allem für Ingenieure, Juristen und Pharmazeuten ist es wichtig, über die neuesten Entwicklungen in ihren Fachbereichen informiert zu sein, um ihrem Arbeitsauftrag gerecht zu werden. In den Ingenieurwissenschaften weist Weiterbildung darüber hinaus einen Weg gegen den seit langem gefürchteten Fachkräftemangel.

Vor allem das zweite Konjunkturpaket der Bundesregierung zur Bekämpfung der Wirtschaftskrise hat die Weiterbildung nun wieder ins Gespräch gebracht. Unter dem Motto »Qualifizieren statt Entlassen« ruft die Politik Unternehmen in Kurzarbeit dazu auf, diese Zeit zur Fortbildung der Mitarbeiter zu nutzen. Der Appell der Bundesregierung wendet sich dabei gleichermaßen an Unternehmen und Erwerbstätige und bietet Anreize für beide Parteien in Form angemessener Finanzierungsmöglichkeiten.

Neben Prämiegutscheinen können Erwerbstätige das Weiterbildungssparen und ein einkommensabhängiges Weiterbildungsdarlehen zur Finanzierung kostenintensiverer Maßnahmen – wie Zertifikatkurse und Masterstudiengänge – in Anspruch nehmen.

Die Unternehmen profitieren währenddessen von staatlichen Zuschüssen in Höhe von 60 bis 80 Prozent, je nach Größe des jeweiligen Unternehmens. Darüber hinaus übernimmt der Staat



Sicherer Halt und Training für den Aufstieg: Die RWTH Aachen geht mit umfassenden Weiterbildungsangeboten in die Offensive.

für Mitarbeiter von Unternehmen in Kurzarbeit im Falle einer Weiterbildungsmaßnahme für den jeweiligen Kalendermonat die vollen Sozialversicherungsbeiträge, entgegen der sonst üblichen 60 Prozent.

### **Weiterbildungsinitiative der RWTH Aachen**

Weiterbildung galt in vielen Unternehmen früher als strategische Überlegung zur Bindung von Mitarbeitern. In konjunkturschwachen Zeiten hat Weiterbildung heute einen neuen Stellenwert bekommen, der unfreiwillig Chancen bietet. Auf lange Sicht leistet sie einen entscheidenden Beitrag dazu, dass sich ein Paradigmenwechsel vollzieht und der akademischen Weiterbildung in Zukunft ein fester Platz im Berufsalltag von Fach- und Führungskräften eingeräumt wird – in Unternehmen ebenso wie in den Weiterbildungsinstitutionen.

Die RWTH Aachen geht einen Schritt in diese Richtung. Sie setzt in der Wirtschaftskrise ein bildungspolitisches Zeichen und unterstützt Unternehmen, die ihre Mitarbeiter in Kurzarbeit schicken müssen, durch eine großangelegte Weiterbildungsinitiative. Gemeinsam mit dem Informationsdienstleister Wolters Kluwer hat die Hochschule einen Lösungsvorschlag erarbeitet: Sie hat ihre Professoren dazu aufgerufen, Unternehmen in der konjunkturschwachen Zeit zu unterstützen und ihre Forschungsergebnisse und Lehrerfahrung der Industrie in Form von Weiterbildungskursen zur Verfügung zu stellen.

Unter der Schirmherrschaft von Prof. Dr. Günther Schuh, Prorektor für Wirtschaft und Industrie und Direktoriumsmitglied von WZL und Fraunhofer IPT, und dem Vorsitzenden der Geschäftsführung der Wolters Kluwer Germany Holding GmbH, Dr. Ulrich Hermann, wurde so ein umfangreiches Portfolio an Weiterbildungsmaßnahmen für Fach- und Führungskräfte zusammengestellt.

### **Zertifikatkurse für Fach- und Führungskräfte**

Im Angebot sind spezielle Zertifikatkurse, in denen Fach- und Führungskräfte ihre Kenntnisse und Fähigkeiten vertiefen, erweitern und

erneuern können. Die Kurse behandeln wirtschaftliche und rechtliche Themen sowie Fragen des Managements wertschöpfender Prozesse, der Usability von Software und betrieblicher Anwendungssysteme. Der Fokus liegt darauf, wirtschaftliche Zusammenhänge wie die globale Vernetzung von Risiken und ihre Auswirkungen auf einzelne Unternehmen zu begreifen und konkrete Handlungsoptionen für das eigene Unternehmen abzuleiten.

Alle Zertifikatkurse sind Präsenzveranstaltungen, die Methoden und Führungskompetenzen vermitteln. Ein ausgewogener Mix aus Wissenschaft und Praxis sowie die umgehende Anwendung des Erlernten in Form von Fallstudien stellen den Anwendungsbezug des jeweiligen Kurses sicher. Die Qualität der einzelnen Maßnahmen wird durch einen in Wissenschaft und Industrie anerkannten Professor sichergestellt. Zudem hat die RWTH Aachen ihre Weiterbildungsangebote durch die Bundesagentur für Arbeit an rechtlich verbindlichen Qualitätsstandards messen und AZWV-zertifizieren lassen.

In einem ersten Anlauf wendet sich die Weiterbildungsinitiative ausschließlich an Unternehmen. Die Zertifikatkurse können je nach Beschaffenheit und Bedürfnissen des Unternehmens modular zu einem Gesamtprogramm zusammengesetzt und individuell angepasst werden. In Ziel-, Zeit- und Preisgestaltung geht das Programm konform mit den Anforderungen der Bundesagentur für Arbeit, damit die Unternehmen die angebotenen Finanzierungsmöglichkeiten in Anspruch nehmen können.

### **Zielgruppen- und situationsorientierte Weiterbildung**

Oft reichen Erststudium und gesunde Intuition heute nicht mehr aus, um am Markt zu bestehen. »Die aktuelle Wirtschaftslage fordert vor allen Dingen viel von denen, die Entscheidungen treffen müssen«, erklärt Dagmar Dirzus, Verantwortliche der Weiterbildungsinitiative an der RWTH Aachen. Führungskräfte müssen heutzutage ihr Fachwissen mit wirtschaftlichem und managementbezogenem Know-how kombinieren können wie die Felder von Rubiks Zauberwürfel: Jede

Drehung wirkt sich auf eine Vielzahl von Feldern aus. Wer die richtigen Elemente zusammenbringen möchte, muss den richtigen Dreh kennen und wissen, welche Auswirkung die Bewegung auf das Zusammenspiel der übrigen haben wird – und zwar langfristig über die nächsten strategischen Züge hinweg. Die Weiterbildungsinstitution RWTH Aachen setzt deshalb bei der Entwicklung ihrer Programme auf ganzheitliche Konzepte und verortet die Lehrinhalte im beruflichen und wirtschaftlichen Gesamtkontext.

### **Wertschöpfende Weiterbildung mit dem Executive MBA für Technologiemanager**

Executive MBA-Programme bieten Führungskräften aus dem mittleren und oberen Management eine Chance zur integrierten Weiterbildung. Die gestiegene Nachfrage nach berufsbegleitenden Masterstudiengängen in den vergangenen Jahren zeugt von einem hohen Bedarf an berufsbegleitender Weiterbildung. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass der Abschluss als MBA für viele Erwerbstätige einen wichtigen Weg aufzeigt, ihre Stelle zu sichern, sich neu zu positionieren und ihre Karriere vorwärts zu bringen.

Den Brückenschlag zwischen einer Weiterbildung im Technologiemanagement und im General Management bietet der Executive MBA für Technologiemanager (EMBA TM). Der berufsbegleitende Masterstudiengang wird gemeinsam von der RWTH Aachen und der Fraunhofer Academy betreut und wendet sich in erster Linie an Führungskräfte aus dem ingenieur- und naturwissenschaftlichen Bereich. Der EMBA TM ist ein reiner Präsenzstudiengang, der innerhalb 100 Tagen verteilt auf 22 Monate managementrelevante Themen aus den Bereichen Technologiemanagement, Strategie, betriebliche Prozesse, Finanzen sowie Führung und soziale Kompetenzen praxisnah vermittelt, so dass sie anschließend direkt im Unternehmen angewandt werden können.

Ziel des Executive MBA für Technologiemanager ist die Vermittlung einer Unternehmensebenen übergreifenden Handlungskompetenz. Im Mittelpunkt steht dabei, dass die Teilnehmer alle Prozesse entlang der Wertschöpfungskette beherrschen – angefangen bei der Entwicklung

von Produkten bis hin zum Controlling. Sie sollen darüber hinaus die Vernetzung innerhalb und zwischen Branchen begreifen. Wie denkt zum Beispiel ein Private Equity Investor? Welches Vokabular nutzt er? Und nach welchen Prinzipien handelt er? Weiterhin lernen die Studierenden die volks- und betriebswirtschaftlichen Gesamtzusammenhänge kennen, in denen Unternehmen stattfinden.

Der EMBA TM verbindet den aktuellen Stand der Forschung mit Wirtschaftsnähe und hat sich in den vergangenen Jahren einen festen Platz in der Weiterbildung von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern erobert. Ein festes Repertoire an renommierten Dozenten, relevanten Themen und effektiven wie effizienten Lernmethoden bieten auch im kommenden Kurs, der am 21. September 2009 anläuft, eine abwechslungsreiche Agenda.

### **Werte schöpfen**

Wenn Goldwäscher Gold schöpfen, wissen sie nach getaner Arbeit, welchen Wert sie in den Händen halten. Was aber macht heute den Wert von Unternehmen aus? Und wie soll reale Wertschöpfung zukünftig aussehen? Fragen wie diese müssen vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen neu diskutiert werden. »Eines ist sicher: Einen wichtigen Faktor wertorientierter Unternehmensführung bilden die personellen Ressourcen«, stellt Katrin Höppener vom Karrierepool WZL Aachen GmbH fest, die Unternehmen beim Rekrutieren von Fach- und Führungskräften aus dem ingenieurwissenschaftlichen Umfeld unterstützt. »Gerade in der konjunkturschwachen Zeit ist ein sorgfältiger Prozess zur Auswahl geeigneter Mitarbeiter besonders wertvoll.«

Um langfristig den Unternehmenswert zu steigern, reicht aber das bloße Einstellen von Personal nicht aus. Gute Mitarbeiter gilt es nicht nur zu finden, sondern auch zu halten und weiterzubilden, damit sie den vereinbarten Erwartungen und Zielen langfristig gerecht werden können. Wissen und Weiterbildung sind auf lange Sicht Kapital und Katalysator wettbewerbsfähiger Unternehmen.

## Kontakt

Dipl. Ing. Dagmar Dirzus  
Weiterbildungsoffensive  
RWTH International Academy gGmbH  
Telefon +049 241 80-28189  
d.dirzus@academy.rwth-aachen.de

Eva Knüpfer, BC  
Executive MBA für Technologiemanager  
Telefon +049 241 80-27594  
e.knuepfer@emba.rwth-aachen.de

Kirstin Marso, M.A.  
Seminare und Zertifikatskurse  
WZLforum gGmbH  
Telefon +049 241 80-27618  
k.marso@wzl.rwth-aachen.de

Dipl.-Kff. (FH) Katrin Höppener  
Karrierepool WZL Aachen GmbH  
Telefon +049 241 80-23624  
k.hoepener@wzl.rwth-aachen.de

## Termine

2.-3. September 2009

**12. Aachener Dienstleistungsforum: Service Excellence – Vorsprung durch Dienstleistung**

8.-9. September 2009

**Die Produktion muss laufen – Werkzeuge und Maßnahmen zur Erhöhung der Profitabilität und Gesamtanlagenverfügbarkeit**

8.-9. September 2009

**Basics Lean Management: Der Weg zum Lean Business System**

10.-11. September 2009

**Basics Lean Administration: Potenziale erkennen und nutzen**

10. September 2009

**3. Aachener Technologiemanagement-Tagung**

15.-16. September 2009

**Lean Six Sigma**

15. September 2009

**Planung und Steuerung von Aufträgen im industriellen Werkzeugbau**

16. September 2009

**Prozessoptimierung in der Kunststoffverarbeitung**

17.-18. September 2009

**Basics Lean Production: Der richtige Start**

17. September 2009

**Lean Innovation**

17. September 2009

**Fabrikplanung – Das optimale Hallenlayout für den Werkzeugbau**

22.-23. September 2009

**Operatives Variantenmanagement**

22. September 2009

**Basisseminar: Statistische Versuchsmethodik**

22. September 2009

**Erfolgreiche Strategien für Werkzeugbauunternehmen**

23. September 2009

**Technologie im Werkzeugbau – Wohin geht die Reise?**

29.-30. September 2009

**Change Management nachhaltig implementieren**

29. September 2009

**Faseroptische Sensoren für den industriellen Einsatz**

29.-30. September 2009

**Sichere und zuverlässige Fertigung durch Prozessüberwachung**

29. September 2009

**Termintreue Herstellung von Werkzeugen und Senkung von Durchlaufzeiten**

30. September 2009

**Modularisierung von Werkzeugen und Formen**

Detaillierte Informationen zu unseren Seminaren und Konferenzen finden Sie im Internet unter [www.wzlforum.rwth-aachen.de](http://www.wzlforum.rwth-aachen.de) und unter [www.werkzeugbau-aachen.de](http://www.werkzeugbau-aachen.de).

# Total Efficiency Control – Ressourceneffiziente Werkzeuge stärken den deutschen Werkzeugbau

Von wachsendem Interesse bei Werkzeugen und Formen ist der genaue Ressourcenbedarf, der von ihnen im Laufe ihres Lebenszyklus ausgeht und durch sie verursacht wird. Gerade diese Größe birgt unter Umständen deutliches Einsparungspotenzial, ist jedoch im Regelfall nicht bekannt. Als Folge lassen sich auf Anwenderseite die Gesamtkosten, die durch den Gebrauch eines Werkzeugs anfallen, nicht genau bestimmen. Dies erschwert es, einen genauen Preis festzusetzen. Außerdem fehlen seitens der Hersteller verlässliche Grundlagen für eine Optimierung im Hinblick auf die Ressourceneffizienz des Werkzeugs. Ziel eines Ansatzes zur Bestimmung der Ressourceneffizienz über den Lebenszyklus eines Werkzeugs muss also eine Bilanzierung sein, die die Stellhebel zur Ressourceneffizienz herausstellt.

Der Lebenszyklus eines Werkzeugs lässt sich grob in die drei Phasen Herstellung, Nutzung und Recycling einteilen. Dabei wirkt sich beim Werkzeug besonders die Phase der Nutzung auf die Ressourceneffizienz in der Produktion des Bauteils aus. So lassen sich durch Veränderungen in Herstellungsprozess des Werkzeugs, etwa durch die richtige Wahl von Auslegung, Werkstoff oder Fertigungsverfahren, Ressourcen einsparen. Die bisherigen Ansätze zur Bilanzierung von Werkzeugen konzentrieren sich jedoch meist auf die Herstellungsphase des Werkzeugs. Die bedeutend längeren Phasen des Lebenszyklus eines Werkzeugs – die Nutzung und das Recycling – werden nicht berücksichtigt

Im Zuge einer ganzheitlichen Bilanzierung gilt es deshalb alle Lebenszyklusphasen eines Werkzeuges zu berücksichtigen. Es sind die Stellhebel zu identifizieren, die den größten Einfluss auf die Ressourceneffizienz des Werkzeugs nehmen. Das Ergebnis liefert dann ein Kennzahlensystem, mit dem der Werkzeugbau ein über den gesamten Lebenszyklus ressourceneffizientes Werk-

zeug auslegen kann. Dieses Kennzahlensystem erfasst sämtliche Faktoren, die Einfluss auf die Ressourceneffizienz eines Werkzeugs nehmen. Die Verrechnung als Kosten stellt sicher, dass das System für wirtschaftliche Entscheidungsprozesse eingesetzt werden kann.

Wachsender Wettbewerbsdruck zwingt den deutschen Werkzeugbau, sich stärker zu differenzieren. Die Kostenvorteile der Konkurrenz sind in deutschen Werkzeugbaubetrieben kaum zu minimieren, dementsprechend muss ein Werkzeug aus Deutschland wie bisher allerhöchsten Ansprüchen genügen, um auch weiterhin im Markt erfolgreich zu sein. Total Efficiency Control erlaubt es dem Werkzeugbau nun, gemeinsam mit dem Kunden Werkzeuge zu konstruieren und herzustellen, die über den gesamten Lebenszyklus ressourceneffizient sind. In der Anschaffung teurere Werkzeuge lassen sich damit beim Kunden über sinkende Betriebskosten begründen und sind so in der Summe kostengünstiger.

## Kontakt

Dipl.-Ing. Kristian Kuhlmann  
WZL der RWTH Aachen  
Telefon +49 241 80-28197  
[k.kuhlmann@wzl.rwth-aachen.de](mailto:k.kuhlmann@wzl.rwth-aachen.de)

# Fraunhofer-Verbund Produktion

## Mit vereinten Kräften Ressourcen schonen



In der Produktion behutsam mit den verfügbaren Ressourcen umzugehen ist in wirtschaftlich turbulenten Zeiten längst nicht mehr nur eine Frage des Umweltschutzes. Ebenso wichtig ist es, Zukunftsmärkte frühzeitig für das eigene Unternehmen zu sichern und dabei die Kosten im Blick zu behalten. Das Schlagwort »Ressourceneffizienz« rückt deshalb immer stärker in den Fokus von Wirtschaft, Politik und Forschung. Doch welche Möglichkeiten haben Unternehmen, durch effizienteren Umgang mit verfügbaren Ressourcen wie Energie, Material und Personal ihre Produktivität zu verbessern?

Seit zwei Jahren widmen sich die sieben produktionstechnischen Institute im Fraunhofer-Verbund Produktion eingehend dieser Frage. Um eine ressourceneffizient Produktion zu erzielen, gilt es besonders die Prozesse, Maschinen, Prozessketten, Durchlaufzeiten, Bestände und Bewertungsmethoden zu untersuchen. Ziel ist es, mit gebündelten Kompetenzen und Erfahrungen der einzelnen Institute umfassende, ganzheitliche und praktikable Lösungen für die Herausforderungen der Zukunft zu entwickeln.

Um dem strategischen Leitbild einer ressourceneffizienten, integrativen Produktion zu entsprechen, konzentrieren sich die Fraunhofer-Forscher auf fünf Entwicklungsfelder:

In der »Adaptiven Produktion« werden innovative Verfahren neu kombiniert und damit das Know-how auf neue Produktionsbereiche oder produktionsverwandte Aufgaben übertragen. Die

»Digitale Produktion« hat das Ziel, neue Technologien intelligent in Produktionsprozesse zu integrieren, um beispielsweise die Produkt- und Produktionsentwicklung zu synchronisieren und die durchgängig digitale Produktentstehung über Unternehmensgrenzen hinweg zu verwirklichen. In der »Integrierten und vernetzten Produktion« werden Lösungen geschaffen, um Produktionsprozesse flexibel in kooperativen Produktions- und Wertschöpfungsnetzen einzusetzen. Die »Wissensbasierte Produktion« will die komplexen Produktionsstrukturen, die von einer Vielfalt von individualisierten Produkten verursacht werden, koordinieren und steuern. Dies schafft die Voraussetzungen dafür, Potenziale zu erschließen und die entstehende Komplexität besser zu beherrschen. Wichtige Prozessschritte in der Produktion lassen sich mit konsequenter Weiterentwicklung weiter optimieren. Mit neu entwickelten oder neu eingesetzten Bearbeitungsverfahren soll innerhalb der »High-Performance-Produktion« ein Technologiesprung mit deutlich höherer Leistung, Anwendungsbreite und Wirtschaftlichkeit erreicht werden.

### Kontakt

Dipl.-Ing. Axel Demmer  
Geschäftsstelle des Fraunhofer-Verbunds  
Produktion  
Fraunhofer IPT  
Telefon +49 241 8904-130  
axel.demmer@ipt.fraunhofer.de

# Impressum

## TOOLS 2.2009

16. Jahrgang  
ISSN 0947-8647

## Herausgeber

Professor Christian Brecher  
Professor Fritz Klocke  
Professor Robert Schmitt  
Professor Günther Schuh

## Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Steinbachstraße 17  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 8904-180  
Fax +49 241 8904-6180  
presse@ipt.fraunhofer.de  
www.ipt.fraunhofer.de

## Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen

Steinbachstraße 19  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 80-27968  
Fax +49 241 80-22293  
www.wzl.rwth-aachen.de

## WZLforum gGmbH

Steinbachstraße 25  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 80-23614  
Fax +49 241 80-22575  
www.wzlforum.rwth-aachen.de

## Redaktion

Susanne Krause M.A. (verantwortlich)  
Kurt Rütten

## Grafik, Layout

Heidi Peters, Fraunhofer IPT

## Fotos

Titel, Seite 18: MEV Verlag;  
Seite 3, 4, 5, 24: Panther Media GmbH;  
Seiten 7, 15, 17: Fraunhofer IPT;  
Seiten 9, 10, 13, 14, 16: WZL der  
RWTH Aachen

## Druck

Rhiem Druck GmbH, Voerde

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit  
vollständiger Quellenangabe und nach  
Rücksprache mit der Redaktion.  
Belegexemplare werden erbeten.

**Werkzeugmaschinenlabor WZL  
der RWTH Aachen**

Steinbachstraße 19  
52074 Aachen  
Telefon + 49 241 80-27400  
Fax +49 241 80-22293  
[info@wzl.rwth-aachen.de](mailto:info@wzl.rwth-aachen.de)  
[www.wzl.rwth-aachen.de](http://www.wzl.rwth-aachen.de)

**Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT**

Steinbachstraße 17  
52074 Aachen  
Telefon + 49 241 8904-0  
Fax +49 241 8904-198  
[info@ipt.fraunhofer.de](mailto:info@ipt.fraunhofer.de)  
[www.ipt.fraunhofer.de](http://www.ipt.fraunhofer.de)