



**JAHRESBERICHT**  
**2009**  
**ANNUAL REPORT**

**FRAUNHOFER IPT**

**JAHRESBERICHT**  
**2009**  
**ANNUAL REPORT**

# VORWORT

## FOREWORD

Liebe Leserinnen und Leser,

das Jahr 2009 hat viele produzierende Unternehmen und ihre Zulieferer mit der Finanz- und Wirtschaftskrise vor enorme Herausforderungen gestellt. Unter welch schwierigen Bedingungen viele Branchen zurzeit leiden, erfahren wir als produktionstechnisches Institut allzu oft aus erster Hand von unseren Kunden und Partnern. Umso mehr freuen wir uns deshalb, dass die Mehrzahl von ihnen weiterhin vertrauensvoll mit uns zusammenarbeitet und damit einen wichtigen Beitrag zum wirtschaftlichen Erfolg unseres Instituts leistet.

Im Gegenzug geben wir unser Bestes, um mit einer langfristigen strategischen Perspektive neue Themenfelder zu erschließen und auch in Zukunft praxisnahe, anwendungsbezogene Forschungsergebnisse zu erzielen. In Technologiefeldern wie der Optik und der Ultrapräzisionstechnik hat sich dieses vorausschauende Vorgehen seit Jahren bewährt. Das bestätigt uns nicht zuletzt die rege Teilnahme an unseren Kolloquien und Seminaren, in denen wir interessierten Unternehmen und Wissenschaftlern gleichermaßen neue Impulse geben möchten.

Nur dank dieser intensiven Zusammenarbeit sind wir in der glücklichen Lage, selbst 2009 ein moderates Wachstum verzeichnen zu können. Unsere Mitarbeiter nehmen einiges auf sich und rücken noch enger zusammen, um die akute Raumnot wenigstens ein Stück weit abzufedern. Erste Entlastung bringt seit Mitte 2009 ein Pavillon im Innenhof des Instituts, der auf rund 240 m<sup>2</sup> Büros und Besprechungsräume bietet. Und weitere Linderung steht in Aussicht: Ein Anbau mit neuen Büros, Laboren, Werkstatt- und Hallenfläche soll bis Ende 2012 fertiggestellt werden. Den Bau fördert unter anderem das Land Nordrhein-Westfalen mit einer Summe von 12,2 Mio. Euro. Schon bald wird hier das Kompetenzzentrum »Hightech-Produktion für Wachstumsmärkte« als Kooperation von Fraunhofer IPT und ILT an den Start gehen, das seine

Dear readers and friends of the Institute,

The year 2009, a year of severe financial difficulties and economic crisis, created enormous challenges for many manufacturing corporations and their suppliers. Being active in the development of new production technology, we know all too well – from our customers' and partners' experience – under which difficult circumstances today's industrial companies are made to conduct their business. All the more delighted we are that so many of you are continuing to work with us, making an important contribution to the economic success of our Institute.

In return for your trust, we are working even harder in our continuing mission of applying long-term strategies in the exploration of potentially rewarding technologies in order to generate practice-oriented and application-centered research results now and in the future. In technologies such as optics and ultra-precision engineering, our foresight has produced excellent results for years. Our events, for example, the seminars and colloquia where we provide industrial corporations and scientists alike with new ideas and impulses, are always well attended.

It was only this intensive cooperation that has allowed us to generate a moderate growth even in this year of crisis. Our employees have been doing their bit by moving together even more closely, making the best of the acute shortage of space. Since the first stage of the "emergency relief operation" was completed in mid 2009, a new pavilion has provided app. 240 m<sup>2</sup> of office space and meeting rooms in the atrium of the Institute. And more help is on the horizon: an extension with new offices, laboratories, workshops and facilities will be completed by late 2012. The project is partly funded by the government of the Land North Rhine-Westphalia which will contribute the total sum of EUR 12.2 million. The new space will soon become the home of the Competence Center

Entwicklungen im Bereich der optischen Technologien sowie der Bio- und Medizintechnik wirkungsvoll in die Industrie weitergeben soll.

Gerade solche regionalen Zusammenschlüsse, die hiesige Unternehmen stärker in unsere Arbeit einbinden, tragen jetzt erste Früchte – vom Fraunhofer-Innovationscluster »TurPro« als Kooperation mit der Turbomaschinenindustrie in NRW über den produktionstechnischen Exzellenzcluster der RWTH Aachen bis hin zum visionären RWTH Aachen Campus, der Unternehmen unmittelbar in das Umfeld der Hochschule einbindet. Das Fraunhofer IPT kann von diesen engen Kooperationen und Netzwerken nur profitieren, die gleichzeitig die Attraktivität der Region weiter anheben.

Um für unsere ehrgeizigen Ziele auch in Zukunft hochqualifizierte und -motivierte Mitarbeiter zu gewinnen, gehen wir am Standort Aachen seit Oktober 2009 neue Wege: Sechs Busse im Fraunhofer-Design umrunden jetzt die Innenstadt und werben um Studierende und Absolventen. Denn hier rekrutieren wir nicht nur einen großen Teil unserer wissenschaftlichen und fest angestellten Mitarbeiter, sondern gerade auch unsere studentischen Hilfskräfte, Studien- und Diplomarbeiter sowie Bachelor- und Masterstudentinnen und -studenten. Sie alle leisten hervorragende Arbeit und natürlich gilt ihnen allen – ebenso wie unseren Kunden, Partnern und Förderern – unser Dank dafür, dass wir selbst in Krisenzeiten erfolgreich forschen und wirtschaften können.

Januar 2010  
January 2010



Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Fritz Klocke

“Hightech Production Technology for Growth Markets“, a joint venture of the Fraunhofer IPT and ILT. The Center will conduct research in the areas of optical technologies, biotechnology and medical technology, always with the perspective of letting its corporate partners benefit from its developments.

Regional cooperative projects in particular, integrating local companies into our research, have recently started to bear fruit – from the “TurPro” Fraunhofer Innovation Cluster, a joint venture with the turbo engine manufacturers from North Rhine-Westphalia, via the production technology “Cluster of Excellence” at the RWTH Aachen University to the same school’s visionary campus concept that envisions the immediate integration of corporations into the environment of the university. The Fraunhofer IPT stands to benefit from such close cooperation and networks which, at the same time, serve to make the entire region more attractive in the eyes of investors.

In order to preserve our capacity to attract highly qualified and motivated scientists and other members of staff, an indispensable condition if we want to reach our ambitious objectives, we have been searching for new methods at our Aachen site since October 2009: six buses in the Fraunhofer design are currently circulating in the downtown area, part of a recruitment drive for students and young graduates. It is this area, after all, which has always provided us with a significant proportion of our scientists and other employees as well as of our undergraduate assistants, postgraduate assistants and researchers and bachelor’s or master’s degree candidates. It is them – together with our customers, partners and supporters – who make us special, and for this, we owe all of them a debt of gratitude. It is only because of the sum of all of these contributions that we are able to continue our research and business activities, even in these times of crisis.

# **INHALT**

## **CONTENTS**

|    |                                                                                                                        |     |                                                                                  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------|
| 2  | <b>Vorwort</b><br>Foreword                                                                                             | 38  | <b>Die Fraunhofer-Gesellschaft</b><br>The Fraunhofer-Gesellschaft                |
| 6  | <b>Das Fraunhofer IPT im Profil</b><br>A Profile of the Fraunhofer IPT                                                 | 40  | <b>Organigramm</b><br>Organizational Chart                                       |
| 24 | <b>Fraunhofer Center for Manufacturing<br/>Innovation CMI</b><br>Fraunhofer Center for Manufacturing<br>Innovation CMI | 42  | <b>Highlights</b><br>Highlights                                                  |
| 25 | <b>Geschäftsfelder</b><br>Business Units                                                                               | 62  | <b>Themen</b><br>Topics                                                          |
| 31 | <b>Ausstattung</b><br>Equipment                                                                                        | 126 | <b>Kooperationen</b><br>Cooperations                                             |
| 34 | <b>Das Institut in Zahlen</b><br>Facts and Figures                                                                     | 146 | <b>Ereignisse, Publikationen, Referenzen</b><br>Events, Publications, References |
| 37 | <b>Kuratorium</b><br>Board of Trustees                                                                                 |     |                                                                                  |

# DAS FRAUNHOFER IPT IM PROFIL

## A PROFILE OF THE FRAUNHOFER IPT

### Systemlösungen für die Produktion

Wir vereinen in unserem Haus Wissen und Erfahrung in allen Bereichen der Produktionstechnik. Unsere Bereiche für Prozesstechnologie, Produktionsmaschinen, Produktionsqualität und Messtechnik sowie Technologiemanagement liefern das Fachwissen, um Unternehmen der produzierenden Industrie individuelle Speziallösungen anzubieten.

Immer komplexere Produktionsabläufe fordern eine ganzheitliche Sicht anstelle einer isolierten Betrachtungsweise. Die disziplinübergreifende Zusammenarbeit in unserem Haus versetzt uns in die Lage, laufend neue Technologien und Methoden einzuführen. Getreu unserem Motto »Systemlösungen für die Produktion« erarbeiten wir aus verschiedenen Blickwinkeln heraus individuelle Unternehmens- und Technologiestrategien und setzen diese in praktikable Ergebnisse um. So entstehen aus den Einzelbeiträgen der Prozesstechnologie, maschinenbaulicher und steuerungstechnischer Komponenten, der Messtechnik sowie des Qualitäts- und Technologiemanagements ganzheitliche Lösungen für die individuellen Herausforderungen unserer Kunden. In unseren Geschäftsfeldern erleben wir diesen Systemgedanken besonders deutlich: Ausgerichtet an den Bedürfnissen ausgewählter Branchen und Produktgruppen bieten wir gebündelte Kompetenz in nahezu allen Handlungsfeldern der Produktionstechnik.

### Wissen für den Vorsprung

Rund 350 wissenschaftliche und nichtwissenschaftliche Mitarbeiter sowie studentische Hilfskräfte engagieren sich in projektorientierten Teams für die Aufgaben unserer Kunden und Partner. Durch flache Hierarchien, Teamgeist und die Verantwortung des Einzelnen für das Ganze sind alle Beteiligten unmittelbar an der Ausarbeitung der Ergebnisse beteiligt. Sie bringen Erfahrung, Ideen und Vorschläge ein, wägen Alternativen ab und entwickeln Ideen weiter. So werden die

### Integrated Solutions for Production

Our institute draws together the expertise and experience from all fields of production technology: the four departments of process technology, production machines, production quality and metrology and technology management provide the range of skills and competencies needed to meet the specialized needs of industrial production companies.

The trend towards ever more complex production processes means that one must take a comprehensive approach to production challenges instead of dealing with isolated aspects. Interdisciplinary cooperation is standard practice in our institute and the basis from which we constantly work on new technologies and methods. In keeping with our motto "Integrated Solutions for Production", we develop individualized business and technology strategies from various standpoints and implement them in practice. The combination of individual contributions from the fields of process technology, engineering and control components and metrology as well as quality and technology management leads to comprehensive solutions that meet the challenges faced by our clients. Our business units are great examples of this systems approach: in line with the needs of specific industries and product groups, they provide a range of expertise which covers almost all aspects of production technology.

### Our knowledge base – your competitive edge

Around 350 scientists, academic and administrative staff as well as student assistants work in project-oriented teams for our clients and partners. Our institute is distinguished by its very flat hierarchy, team spirit and the sense of responsibility that each member of staff has for overall performance. Each employee is highly aware of his or her individual contribution to the final result of the research and development activities – be it their experience, their ideas and opinions or their ability





*Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher  
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c.  
Fritz Klocke  
Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt*

Ziele unserer Projektpartner zu unseren Zielen. Wir setzen auf die Freude an der Arbeit und auf die Persönlichkeiten unserer Mitarbeiter: Sie sind unser entscheidender Vorteil im Wettbewerb und im Kontakt mit unseren Kunden.

### **Auftraggeber und Kooperationspartner**

Unsere Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen reichen von strategischer Vorlaufforschung über bilaterale Industrieprojekte bis hin zur Koordination industrieller Projektkonsortien, etwa in EU-Verbundprojekten. Dabei stehen für uns praxisgerechte Lösungen und unmittelbar umsetzbare Ergebnisse für die Industrie immer im Mittelpunkt unserer Arbeit.

Die Forschungsvorhaben des Fraunhofer IPT werden vom BMBF und vom BMWi, von der AiF, vom Land Nordrhein-Westfalen, in DFG-Schwerpunktprogrammen und Sonderforschungsbereichen sowie durch die Europäische Kommission getragen. Unsere Auftraggeber und Kooperationspartner stammen aus der gesamten produzierenden Industrie mit Schwerpunkten in der Luft- und Raumfahrttechnik, dem Automobilbau und seinen Zulieferern, dabei vor allem dem Werkzeug- und Formenbau, den Life Sciences, der feinmechanischen und optischen Industrie sowie dem Werkzeugmaschinenbau.

Kleine und mittlere Unternehmen prägen das Spektrum unserer Auftraggeber. Dies spiegelt sich auch in der Projektstruktur des Instituts wider: Ein großer Teil unserer Kundenaufträge weist ein Projektvolumen unter 50 000 Euro aus. Wir entwickeln hier meist kurzfristig konkrete Systemlösungen für den industriellen Bedarf.

to evaluate alternatives and take ideas a step further. And the aims of our project partners ultimately become our own. The success of our R&D activities is largely due to our employees – their personalities and the satisfaction and enjoyment they gain from working at our institute makes all the difference when dealing with our clients and gives us the edge over competition.

### **Clients and partners**

Our R&D services range from strategic groundwork research and bilateral industrial projects to the coordination of industrial project consortia in, for instance, joint projects funded by the EU. Throughout our work, we focus on generating practical solutions that can be directly implemented in industry.

The Fraunhofer IPT's research projects are supported and funded by the BMBF, the BMWi, the AiF, the Land North Rhine-Westphalia, the DFG's focus research programs and the European Commission. We work for and with clients and partners from all branches of industry – from the aerospace industry to the automotive industry and its suppliers as well as the tool and die making industry, life sciences, precision engineering and optics industries as well as the machine tool industry.

The fact that our client base mainly consists of SMEs is reflected in the institute's project structure: most of our direct project contracts are under € 50,000 and involve the short term development of specific system solutions to meet industrial needs.



# PROZESSTECHNOLOGIE PROCESS TECHNOLOGY

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Fritz Klocke

## Feinbearbeitung und Optik

Die Abteilung Feinbearbeitung und Optik entwickelt Technologien zur Herstellung und Bearbeitung von Präzisionskomponenten. Dazu zählen Glasoptiken und Replikationswerkzeuge ebenso wie Komponenten für den Halbleiterbereich.

Zentrale Technologien sind hier das Präzisionsblankpressen von Glasoptiken und die automatisierte Finishbearbeitung. Beim Präzisionsblankpressen decken wir die gesamte Prozesskette vom Werkzeugdesign bis zum Pressen der fertigen Optik ab. So können wir, ausgehend von einer Optikzeichnung, den gesamten Prozess entwickeln und auslegen. Den Schwerpunkt bildet der ultrapräzise Werkzeug- und Formenbau.

Für die automatisierte Finishbearbeitung entwickeln wir roboter- und maschinenbasierte Schleif- und Poliertechnologien, um die derzeit noch manuellen Operationen im Werkzeug- und Formenbau und in der Fertigung von Triebwerkskomponenten zu substituieren.

## Unsere thematischen Schwerpunkte

- Grundlagenforschung
- Machbarkeitsstudien
- Technologieentwicklung
- Prozessanalysen
- Bauteilfertigung

## Kontakt/Contact

Dr.-Ing. Olaf Dambon  
Telefon/Phone +49 241 8904-233  
olaf.dambon@ipt.fraunhofer.de

## Fine machining and optics

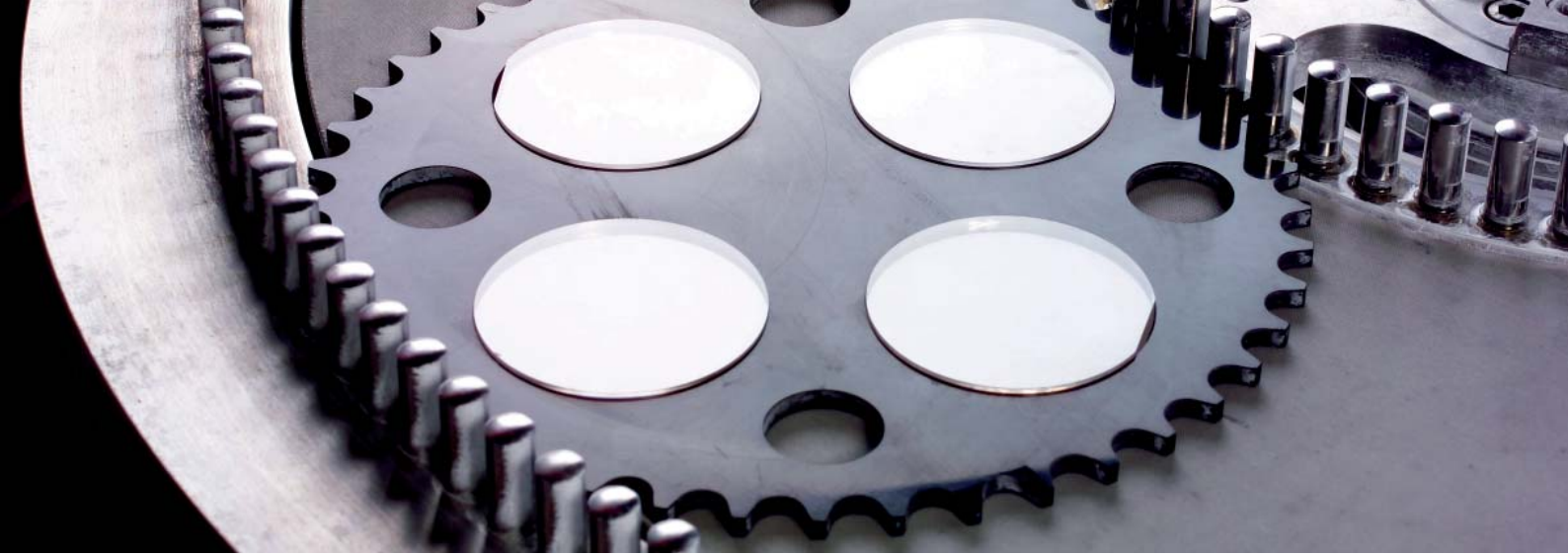
The department of Fine machining and optics develops technologies for the production and processing of high-precision components including glass lenses, replication tools and components for the semi-conductor industry.

The key technologies in this area are the precision molding of glass lenses and the automatic finishing. Our institute covers the entire precision molding process chain from the tool design to the molding of the lens. We are capable of developing and designing the entire process based on a drawing of the lens. One crucial element is the mold and die production.

At the same time, we are developing robot-based and machine-based grinding and polishing technologies which are meant to replace the remaining manual operations in engine component manufacturing and the production of molds and dies, progressing towards the full automation of the finishing process.

## We focus on

- Basic research
- Feasibility studies
- Technology development
- Process analyses
- Component manufacturing



## **CAX-Technologien**

CAX-Technologien sind integraler Bestandteil der automatisierten Fertigungsprozesskette: vom Produktdesign über Planung, Programmierung, Simulation und Optimierung des Prozesses bis hin zur NC-Daten-Ausgabe für die Fertigung.

Im Fokus der Abteilung »CAX-Technologien« steht die Entwicklung integrativer computerunterstützter Prozessketten, die komplexe Schnittstellen zwischen den Fertigungsschritten und Systemen reduzieren. Dafür entwickeln wir die flexible Softwareplattform »CAX-Framework« wie auch einzelne Softwaremodule für die Feinbearbeitung, Hochleistungszerspaltung, aber auch Laserbearbeitung und Messtechnik.

Prozessstrategieorientiert bieten wir simulationsunterstützte Analysen und optimieren neue und bestehende NC-Daten anhand unserer Software »NCProfiler« zur Untersuchung komplexer mehrachsiger Bearbeitungsstrategien.

### **Unsere thematischen Schwerpunkte**

- Kundenspezifische CAM-Module integriert im »CAX-Framework«
- Planung, Programmierung und Optimierung von Werkzeugbahnen
- Analyse und Optimierung von NC-Daten
- Simulation unter Berücksichtigung der Maschineneigenschaften und der CNC-Steuerung
- Durchgängige CAX-Prozessketten für Werkzeug- und Formenbau, Turbomaschinen- und Optikfertigung

### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. Lothar Glasmacher  
Telefon/Phone +49 241 8904-246  
lothar.glasmacher@ipt.fraunhofer.de

## **CAX Technologies**

CAX technologies are an integral part of the automated manufacturing process chain: from product design through planning, programming, simulation and optimization of processes to NC data output for the manufacturing.

The focus of the CAX Technologies department lies on the development of software solutions for computer-supported process chains to reduce complex interfaces between manufacturing steps and systems. Based on our self-developed software platform "CAX-Framework", individual software modules can be combined to custom-tailored virtual process chains for fine machining, high-performance machining as well as laser machining and metrology.

Considering processing strategies, the CAX Technologies department provides simulation-supported analyses and optimization of new and existing NC data using our "NCProfiler" software, for the inspection of complex multi-axis machining strategies.

### **We focus on**

- Specialized CAM modules integrated into the "CAX-Framework"
- Planning, programming and optimization of toolpaths
- Analysis and optimization of NC data
- Simulation considering the properties of machines and CNC controllers
- Integrated CAX process chains for tool and die making, turbomachine components and optics manufacturing

### **Hochleistungszerspanung**

Die Abteilung Hochleistungszerspanung befasst sich mit der Dreh- und Fräsbearbeitung. Unser besonderes Interesse gilt formgebenden Freiformflächen, etwa für den klassischen Werkzeug- und Formenbau oder den Triebwerksbau. Die Herausforderung liegt dabei in der Bearbeitung schwer zerspanbarer Werkstoffe wie hochharten Stählen (> 65 HRC), Titanwerkstoffen oder Nickelbasislegierungen.

Außerdem entwickeln wir Bearbeitungsstrategien für die simultane 5-Achs-Bearbeitung. Dafür arbeiten wir eng mit dem Bereich »CAx-Technologien« zusammen, um komplexe Oberflächengeometrien zu bearbeiten. Essentiell ist für uns daher der Blick auf die kinematischen und dynamischen Eigenschaften von Werkzeugmaschine und Steuerung.

### **Unsere thematischen Schwerpunkte**

- Mehrachsfräsen
- Präzisionshartfräsen
- Präzisionshardtdrehen

### **Kontakt/Contact**

Dr.-Ing. Thomas Bergs  
Telefon/Phone +49 241 8904-105  
thomas.bergs@ipt.fraunhofer.de

### **High-performance machining**

In this department, we are working to improve turning and milling process technology, concentrating our attention on free-form surfaces for classic tool and die making or the production of turbo engines. The most challenging part of our research is to find ways of processing materials that are particularly hard to machine such as very hard steels (> 65 HRC), titanium and nickel-base alloys.

We also develop strategies for simultaneous 5-axis machining, coordinating our research closely with the CAx technologies department in order to find ways of working with complex surface geometries. A close analysis of the kinematic and dynamic properties of tool machine and control system are of crucial importance in this respect.

### **We focus on**

- Multi-axial milling
- Precision hard milling
- Precision hard turning

## **Lasermaterialbearbeitung**

Hier entwickeln und qualifizieren wir Prozesse, um das Werkzeug Laserstrahlung in industriellen Wertschöpfungsketten effizient zu nutzen. Wir untersuchen sowohl direkte Strahl-Stoff-Wechselwirkungen als auch den Einsatz von Laserstrahlung in Bearbeitungsmaschinen für laserunterstützte Prozesse. Wir entwickeln Laserstrahlfügetechnologien zur Herstellung geometrisch komplexer Produkte aus metallischen Werkstoffen und überführen sie in die industrielle Fertigung. Hochpräzise 3D-Strukturen für die Tribologie und den Formenbau lassen sich durch Laserstrahlstrukturieren herstellen. Wir qualifizieren die Technologie für die Praxis und bauen prototypische Bearbeitungsanlagen für die formflexible Strukturierung. Außerdem entwickeln wir hybride Bearbeitungstechnologien für schwer bearbeitbare Werkstoffe. Die Prozessintegration erlaubt hier die Komplettbearbeitung komplex geformter Bauteile in einer Aufspannung.

Neben der automatisierten Reparatur von Werkzeugen und Bauteilen sowie der Erzeugung von Verschleißschuttschichten entwickeln wir Technologien zur generativen Erzeugung metallischer und keramischer Werkzeuge und Produkte mit höchster geometrischer Flexibilität.

## **Unsere thematischen Schwerpunkte**

- Laseroberflächenbehandlung, Formgebung, Reparatur
- Laserstrahlschweißen und -hartlöten
- Laserstrahlstrukturieren
- Laserunterstützte Bearbeitung
- Generative Fertigungsverfahren

## **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Kristian Arntz  
Telefon/Phone +49 241 8904-121  
kristian.arntz@ipt.fraunhofer.de

## **Laser machining**

This is where we develop and optimize processes to make efficient use of laser radiation for industrial value chains. We analyze direct interactions between beam and matter as well as the use of laser beams in industrial facilities for laser-assisted processes. We develop laser beam joining technologies for the production of geometrically complex metallic objects to the point where they are ready to be implemented into an actual production line. High-precision 3D-structures for tribology and mold making can be manufactured using the technique of laser beam structuring. We develop technologies for practical use and construct prototype equipment for flexible and versatile structuring processes. On top of that, we design hybrid processing technologies for the machining and reshaping of hard and difficult-to-use materials. Integrated processes allow us to machine even components with a complex shape in a single setting.

In addition to techniques that enable the automated repair of tools and components and the application of anti-wear coatings, we also develop additive production technologies for metallic and ceramic tools as well as products with extremely high levels of geometric flexibility.

## **We focus on**

- Laser surface treatment, design, repair
- Laser beam welding and hard soldering
- Laser beam structuring
- Laser-assisted machining
- Additive production techniques

# PRODUKTIONSMASCHINEN

## PRODUCTION MACHINES

Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher

### Präzisions- und Sondermaschinenentwicklung

Die Arbeitsbereiche der Abteilung »Präzisions- und Sondermaschinenentwicklung« erstrecken sich über die gesamte Entwicklung von Präzisions- und Sondermaschinen. Hier ist es unser Ziel, hochgenaue Sondermaschinen und Komponenten nach den Wünschen unserer Kunden ganzheitlich zu entwickeln.

Von der ersten Maschinenkonzeption über die Auslegung und Optimierung kritischer Komponenten bis hin zur steuerungstechnischen Umsetzung und Implementierung komplexer Regelungssysteme setzen wir die Anforderungen unserer Kunden um.

In aktuellen Projekten entwickeln wir adaptronische Systeme für die Automobilbranche, Ultraschall- und Magnetlager-spindeln zur Zerspanung sprödharter Materialien, kompakte 5-Achs-Präzisionsmaschinen zur Fertigung komplexer Formwerkzeuge und Sondermaschinen für industrielle Anwendungen nach Maß.

### Unsere thematischen Schwerpunkte

- Entwicklung bedarfsgerechter Sondermaschinen
- Entwicklung und Optimierung von Präzisionsmaschinen
- Messtechnische Charakterisierung und Optimierung von Produktionsmaschinen
- Auslegung aerostatischer und hydrostatischer Lagersysteme
- Entwicklung und Integration adaptronischer und ultraschall-unterstützter Systeme
- Prozessüberwachung und Steuerungstechnik

### Kontakt/Contact

Dr.-Ing. Christian Wenzel  
Telefon/Phone +49 241 8904-112  
christian.wenzel@ipt.fraunhofer.de

### Development of precision and special purpose machines

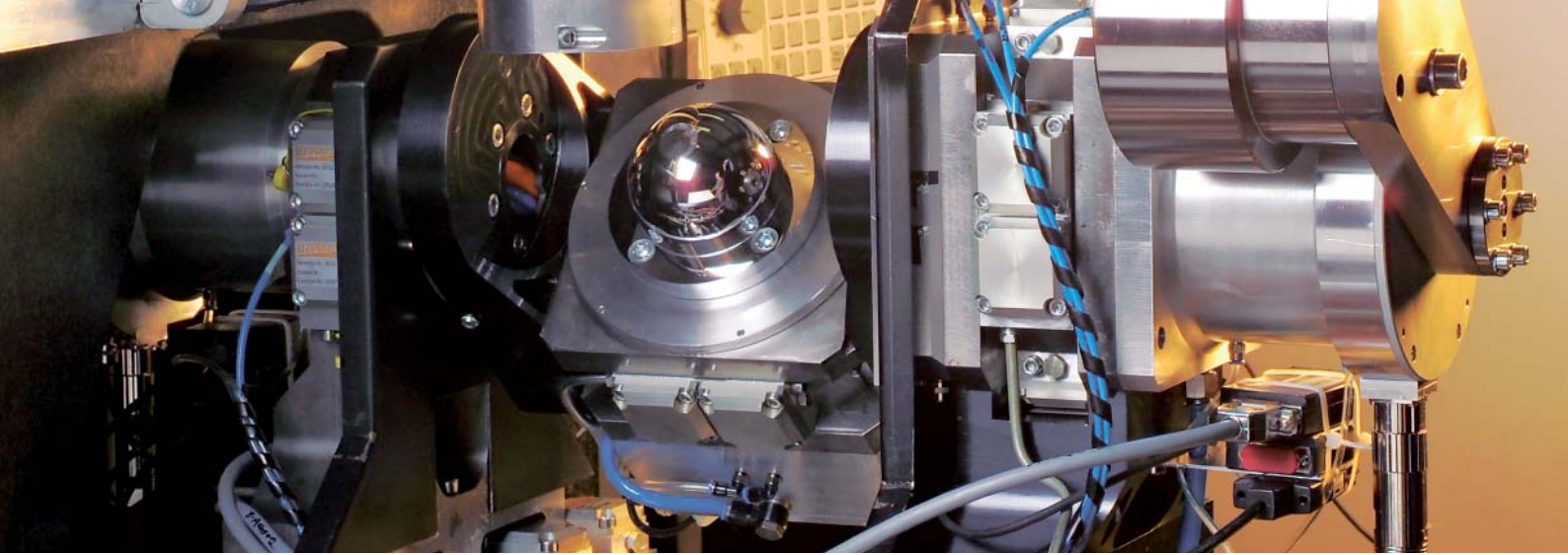
The work of the "Precision and special purpose machines" department covers all activities involved in the development of precision and special purpose machines. We aim to develop high-precision special purpose machines and components to meet the specific demands of our clients. We work on the basis of their requirements, either in terms of initial machine concepts, the design and optimization of critical components or control technology and the implementation of complex control systems.

Our current projects involve the development of adaptronic systems for the automotive industry, spindles with ultrasonic and magnetic bearings for cutting hard/brittle materials, compact 5-axis precision machines with which to produce complex molding tools and special purpose machines for customized industrial applications.

### We focus on

- Development of special purpose machines that meet specific client requirements
- Development and optimization of precision machines
- Metrological characterization and optimization of production machines
- Design of aerostatic and hydrostatic bearing systems
- Development and integration of adaptronic and ultrasonic-assisted systems
- Process monitoring and control technology





## Ultrapräzisionstechnik

Die spanende Hoch- und Ultrapräzisionsbearbeitung erfordert besondere Maschinen. Denn die Parameter des Bearbeitungsprozesses und besonders die Genauigkeit der verwendeten Bearbeitungsmaschine bestimmen die Qualität der produzierten Bauteile und Mikrostrukturen. Achsen und Lagerungen, Antriebe und Messsysteme, Steuerungen und Maschinenstruktur müssen höchsten Anforderungen genügen und aufeinander abgestimmt sein.

Für den Sektor der Ultrapräzisionstechnik entwickeln wir Produktionsmaschinen zur Hoch- und Ultrapräzisionsbearbeitung für Bearbeitungsverfahren wie Drehen, Fast-Tool-Servo-Drehen, (Mikro-)Fräsen, Flycutting oder Hobeln und erweitern Maschinensysteme durch Automatisierungslösungen, wie den hochgenauen automatisierten Werkzeugwechsel mit Submikrometerpräzision. Außerdem entwickeln wir Automatisierungslösungen für die Montage hybrider Mikrosysteme.

### Unsere thematischen Schwerpunkte

- Entwicklung, Service und Optimierung von Ultrapräzisionsmaschinen
- Entwicklung hochdynamischer Achssysteme
- Fertigung großflächiger ultrapräziser Mikrostrukturen, Prototypen und Masterwerkzeuge
- Herstellung komplexer optischer Freiformoberflächen
- Handhabung, Montage und Fügen hybrider Mikrosysteme
- Lokales Korrekturpolieren komplexer optischer Werkzeugformeinsätze
- Replikation von Kunststoffoptiken und Mikrostrukturen

### Kontakt/Contact

Dr.-Ing. Christian Wenzel  
 Telefon/Phone +49 241 8904-112  
 christian.wenzel@ipt.fraunhofer.de

## Ultra precision technology

High precision and ultra precision cutting processes must be carried out on special purpose machines. The parameters of the machining process and, in particular, the accuracy of the processing machine define the quality of the final workpiece and its surface properties. Axes and bearings, drives and measuring systems, controls and machine structures must meet highest standards and complement each other.

In the field of ultra precision technology, we develop production machines for high precision and ultra precision diamond machining processes such as turning, fast tool-servo turning, (micro) milling, fly cutting and planning. Next to manufacturing systems we develop automation solutions for machine systems, such as a high precision automated tool exchange facility with submicron precision. We also develop automation solutions for the assembly of high precision parts and hybrid micro systems.

### We focus on

- Development, service and optimization of ultra precision machines
- Development of highly dynamic axis systems
- Manufacture of large surface, ultra precision microstructures, prototypes and master tools
- Manufacture of complex optical freeform surfaces
- Handling, assembly and joining of hybrid micro systems
- Local corrective polishing of complex optical mold inserts
- Replication of polymer optics and microstructures

### **Faserverbund- und Lasersystemtechnik**

Die neue Abteilung für Faserverbund- und Lasersystemtechnik bedient die industrielle Nachfrage nach faserverstärkten Leichtbaukomponenten, den zugehörigen Produktionsmaschinen und maschinenintegrierter Lasersystemtechnik für die Hybrid- und Lasermaterialbearbeitung.

Unser Maschinenpark verfügt über vielfältigste Fertigungsanlagen und -hilfsmittel zur Verarbeitung duro- und thermoplastischer Faserverbundkunststoffe (FVK) mittels Laser- oder Infrarotstrahlung. Charakteristische Merkmale für Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen sind ihr ausgesprochenes Leichtbaupotenzial, die hohen mechanischen Kennwerte, chemische Inertheit und thermische Nulldehnung.

Darüber hinaus entwickeln wir industrietaugliche Lösungen für die Integration von Lasersystemtechnik in Produktionsmaschinen für die Lasermaterialbearbeitung, beispielsweise das Härten, Beschichten, Schweißen und Strukturieren sowie für laserunterstützte Hybridverfahren wie das laserunterstützte Tapelegen thermoplastischer Prepregs und das laserunterstützte Drehen, Fräsen und Stanzen hochfester Werkstoffe.

#### **Unsere thematischen Schwerpunkte**

- Prozesse zur Verarbeitung von FVK
- Systeme zur Verarbeitung von FVK
- Design und Fertigung von Leichtbaustrukturen
- Laserintegration in Produktionsmaschinen
- Entwicklung modularer Laserbearbeitungsköpfe und adaptiver Laserstrahlführungssysteme

#### **Kontakt/Contact**

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

### **Fiber-reinforced plastics and laser system technology**

The research activities of this new department respond to the industrial demand for fiber-reinforced lightweight components, for the relevant production machines and for laser system technology integrated into production machines for both laser material processing and laser-assisted processing.

Our machine pool includes a wide range of manufacturing plant and resources with which to process thermoset and thermoplastic fiber-reinforced plastics (FRPs) with the aid of laser or infrared radiation. Fiber-reinforced plastic components are characteristically lightweight, chemically inert and thermally non-expansive, and have good mechanical properties.

We also develop solutions for industrial purposes that integrate laser system technology into production machines for laser processes, e.g. hardening, coating, welding and structuring as well as for laser-assisted hybrid processes such as laser-assisted tape laying of thermoplastic preregs and laser-assisted turning, milling and stamping high-strength materials.

#### **We focus on**

- Fiber-reinforced plastic processes
- Fiber-reinforced plastic processing systems
- Design and production of lightweight structures
- Production machines with integrated laser system technology
- Development of modular laser machining heads and adaptive laser beam guidance systems





# PRODUKTIONSQUALITÄT UND MESSTECHNIK

## PRODUCTION QUALITY AND METROLOGY

Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt

### Produktionsqualität

Exzellente Qualität und die hieraus resultierende Effizienz von Ablauf- und Aufbauorganisation sind aus Sicht des Fraunhofer IPT der Schlüssel für Wettbewerbs- und Innovationskraft. Dafür gilt es verschiedene Kompetenzen zu bündeln:

Viele Prozesse in deutschen Unternehmen unterliegen aufgrund eines organisatorischen Wandels immer dynamischeren Veränderungen. Prozesse kontinuierlich und zügig zu optimieren bildet daher die Basis für Produktivitätssteigerungen und Kosteneinsparungen. Für viele Unternehmen bildet dies einen Erfolgsfaktor zur Standortsicherung und fördert das Unternehmenswachstum.

Eine zentrale Herausforderung für Unternehmen aller Branchen ist es, ein unverwechselbares Profil zu erlangen. Einzigartige Produkte, die Kunden begeistern und fehlerfreie Prozesse, die effizient ablaufen, sind hier entscheidende Differenzierungsmerkmale im globalen Wettbewerb.

Das Qualitätsmanagement wird daher für immer mehr Unternehmen zu einer umfassenden und zentralen Managementaufgabe. Es dient ihnen dazu, die eigenen operativen und strategischen Ziele zu erhalten und hat damit einen nachhaltigen Einfluss auf den Unternehmenserfolg.

Die effiziente Anwendung der richtigen Methoden, Werkzeuge, Verfahren und Technologien zur Qualifikation von Mensch, Organisation und Technik betrachten wir unter den drei Perspektiven Kundenorientierung, Führung und Betrieb, die dazu beitragen, Verschwendung jeglicher Art zu vermeiden und Wettbewerbs- und Innovationskraft zu steigern. Das Qualitätsmanagement spielt deshalb für den Unternehmenserfolg eine entscheidende Rolle.

### Production Quality

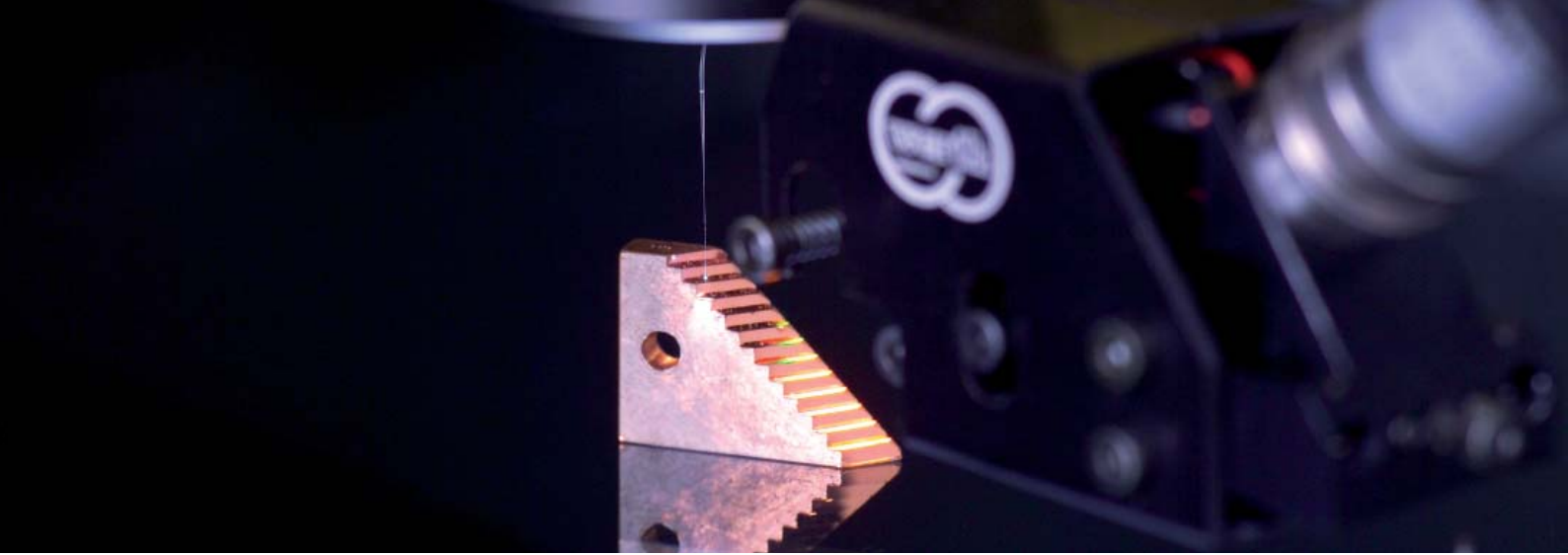
The highest possible levels of quality, resulting in correspondingly high levels of efficiency of structure and workflow organization – this is, in the view of the Fraunhofer IPT, the key to competitiveness and innovative strength. For this purpose, a range of competencies must be pooled and combined.

Processes in German companies are subject to an ever accelerating flurry of changes, often the consequence of structural reorganization. The swift and continuous optimization of processes is therefore a vital condition for increases in productivity and successful cost-cutting drives. For many enterprises, it is also a key factor of corporate growth, enabling them to save jobs and to maintain existing operating sites.

Enterprises in all industries are faced with the challenge of developing a distinctive and unmistakable profile. Unique products that are capable of captivating customers and flawless, efficiently working processes are essential distinguishing marks on the global market.

This is why the development of a comprehensive quality management system has become one of the most vital tasks for today's executives. They can only attain their operative and strategic targets once such a system is in place and are well aware that it has a major impact on corporate success.

We view the efficient use of the correct methods, tools, processes and technologies to develop human capital resources, structural resources and technology in the terms of three different concepts: Customer Orientation, Leadership and Operation, all of them helping to cut waste of any kind and to strengthen competitiveness and innovative strength. This is why quality management systems make such a key contribution to corporate success.



Ziel des Fraunhofer IPT ist es, seinen Kunden durch die Umsetzung exzellenter Ergebnisse angewandter Forschung einen Vorsprung zu verschaffen. Wir gestalten die Produktionsqualität und entwickeln und erforschen hierzu leistungsfähige Werkzeuge und Verfahren, um Verschwendung zu vermeiden.

#### **Unsere thematischen Schwerpunkte**

- Produktionseffizienz
  - Verschwendungsfreie und robuste Prozessgestaltung
  - Optimierung von Prozessketten in der Fertigung
  - Green Quality – Ressourceneffiziente Produktion
- Unternehmensdynamik
  - Präventive Erfassung, Bewertung und Steuerung von Risiken
  - Strategische Ausrichtung zum industriellen Dienstleister
  - Professionalisierung der Entwicklung mechatronischer Produkte

#### **Kontakt/Contact**

Dr.-Ing. Stephan Bichmann  
Telefon/Phone +49 241 8904-245  
stephan.bichmann@ipt.fraunhofer.de

The Fraunhofer IPT aims to help its customers gain a competitive advantage through the implementation of the latest results from applied research. We test and develop high-performance waste-cutting tools and processes, ensuring the highest level of product quality.

#### **We focus on**

- Production efficiency
  - Waste-free and robust processes
  - Optimization of manufacturing process chains
  - Green Quality – resource-efficient production
- Strategic development
  - Preventive assessment, evaluation and control of risks
  - Strategic reorientation, turning the company into an “industrial service provider”
  - Professionalization of mechatronic product development

### **Produktionsmesstechnik**

Die Abteilung »Produktionsmesstechnik« des Fraunhofer IPT beschäftigt sich mit allen Fragen der produktionsnahen Messtechnik sowie allen prüfenden oder messenden qualitätssichernden Maßnahmen in produzierenden Unternehmen. Dabei erarbeiten wir Lösungen sowohl für technologisch geprägte Branchen wie die Automobilindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau oder die Luftfahrtindustrie als auch für die Medizin- und Biotechnologie.

Um geometrische Daten bis in den Nanometerbereich zu erfassen, nutzen und entwickeln wir optische und taktile Messverfahren. Die zu charakterisierenden Geometrien reichen von makrogeometrischen Freiformflächen bis hin zu Oberflächen mit optischen Eigenschaften oder biologischen Oberflächen.

Dazu steht uns eine umfangreiche Ausstattung moderner Messsysteme zur Verfügung, die wir nicht nur für Dienstleistungsmessungen einsetzen, sondern auch zusammen mit unseren Partnern und Messtechnikern optimieren und weiterentwickeln.

Neben gemeinsamer Forschung mit Industriepartnern beraten wir auch in allen Fragen der Messstrategie. Dazu zählen Technologieberatung, Applikation und Systementwicklung. Für Unternehmen sind Kenntnisse über den Nutzen der Messtechnik entscheidend, um Fehleinschätzungen bei den Investitionskosten zu vermeiden. Denn ungeeignete Messtechnik wirkt sich schnell negativ auf die Prozessregelung und damit direkt auf die Produktqualität aus. In Zusammenarbeit mit unseren Kunden analysieren wir die kritischen Fertigungsschritte innerhalb von Produktionsprozessen systematisch und zeigen Lösungen auf, die die Produktqualität mit geeigneter Messtechnik sichern.

### **Production metrology**

The department "Production Metrology" of the Fraunhofer IPT dedicates its attention to all issues of production-related metrology and all quality management tasks of manufacturing companies that involve inspections and measuring, developing solutions for high-tech industries such as automotive manufacturers and companies in engineering, the aerospace industry, medical technology and biotechnology.

In order to represent geometries in the nanometer range, we develop and employ optical as well as tactile measuring techniques. The geometries in need of representation include macrogeometrical free-formed surfaces, surfaces with optical properties, biological surfaces and many more.

For these purposes, a comprehensive range of sophisticated measuring equipment has been made available to the working group which is not only used for the provision of measuring services but also optimized and developed in close coordination with our partners and technology suppliers.

In addition to conducting joint venture research projects with our industry partners, we also provide them with advice in all issues of metrology strategy including technology, application and system development. Insights into the actual benefits of measuring systems are vital for corporations because they enable them to avoid costly investment errors. Inappropriate measuring equipment will, after all, soon make its presence felt, affecting process control and ultimately process quality. In coordination with our customers, we systematically analyze the critical stages of the production process and identify solutions to ensure high levels of production quality by using the right measuring instruments.

### Unsere thematischen Schwerpunkte

- Mikro- und Nanometrologie
  - Interferometrie
  - Messen mit der Nanopositioniereinheit
  - Optik- und Mikrostrukturprüfung
- Faseroptische Sensorik
  - Miniaturisierung
  - Messtechnik für die Medizin- und Biotechnologie
  - Messtechnik für die Mikrosystemtechnik
- In-Prozess-Messtechnik
  - Maschinenintegrierte Messtechnik
  - Prozessmonitoring
  - Prozessoptimierung und -regelung

### Kontakt/Contact

Dr.-Ing. Stephan Bichmann  
Telefon/Phone +49 241 8904-245  
stephan.bichmann@ipt.fraunhofer.de

### We focus on

- Micrometrology and nanometrology
  - Interferometry
  - Measuring with the nano positioning unit
  - Structural inspection systems for optics and microstructures
- Fiber optic sensors
  - Miniaturization
  - Metrology for medical technology and biotechnology
  - Metrology for microsystems technology
- In-process metrology
  - Machine-integrated metrology
  - Process monitoring
  - Process optimization and control

# TECHNOLOGIEMANAGEMENT

## TECHNOLOGY MANAGEMENT

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh

### Technologiefrüherkennung und -planung

Wer eine erfolgreiche Wettbewerbsposition aufbauen und halten will, muss seine Technologien richtig einsetzen. Bei schrumpfenden Marktlebenszyklen und wachsendem globalem Wettbewerb können jedoch nur solche Unternehmen bestehen, die kundenorientiert Technologien entwickeln, erschließen, einsetzen und rechtzeitig wieder substituieren.

Um den technologischen Wandel mitzugestalten, gilt es, Technologiekompetenz aufzubauen, zu schützen und durch Managementkompetenz zu ergänzen. Themen wie Technologiefrüherkennung, Technologiestrategie, Technologiewissen sowie Technologieplanung und -bewertung müssen mit passenden Prozessen und Strukturen untermauert und abgestimmt werden, um ein effizientes Technologiemanagement zu erzielen.

Die Fähigkeit, technologischen Wandel schnell umzusetzen, wird immer wichtiger für den wirtschaftlichen Erfolg. Heute ist ein durchdachtes Technologiemanagement kein Luxus mehr, sondern ein Muss. Die Herausforderung für Unternehmen besteht darin, Erfolg versprechende Antworten auf entscheidende Fragen zu finden:

- Welche Technologien sind für das Unternehmen relevant?
- Welche technologischen Entwicklungen können und sollten Unternehmen forcieren?
- Welche Bedeutung haben die eingesetzten Technologien?
- Welche Technologien braucht das Unternehmen für sein zukünftiges Produktspektrum und die Herstellung entsprechender Produkte?
- Wie können Unternehmen Technologien effizienter nutzen?

### Technology intelligence and planning

Companies that intend to establish themselves successfully – and permanently – on a competitive market, will need to apply their technologies wisely. In an era of shortening market life cycles and stiffening global competition, this means that only those companies have a chance of survival which can develop, explore and apply technologies that meet the specific requirements of each of their customers – and which also have the foresight and the resources to replace these technologies in time.

Companies that want to have an impact on technological change must build, nurture and protect technology skills and complement them with management skills. Technology intelligence, technology strategy, technology know-how, technology planning and technology assessment systems must be implemented and reinforced with appropriate processes and structures to establish an efficient technology management.

The capacity of implementing technological change rapidly is becoming an ever more crucial condition for the successful operation of a business. Sophisticated technology management structures have long ceased to be a luxury. Corporations must find appropriate replies to the following key questions:

- Which technologies are relevant for the company?
- Which technological developments could and should companies try to accelerate?
- How important are the technologies which are already applied?
- Which technologies will the company require to manufacture its product range of the future?
- How can companies use their technologies more efficiently?





Technologiemanagement heißt, gezielt technologische Fähigkeiten und kommerzielle Potenziale aufzubauen, zu nutzen und zu schützen, und die Leistungsfähigkeit der Technologien, Produkte und Prozesse gezielt an die Unternehmensstrategie anzupassen.

#### **Unsere thematischen Schwerpunkte**

- Technologiemanagement- und FuE-Analysen (Audits)
- Organisations- und Prozessgestaltung im Technologiemanagement
- Technologie-Roadmapping
- Unternehmensbewertung (Technisch-kommerzielle Due Diligence)
- Technologie- und Marktpotenzialbewertung
- Technologiebasierte Geschäftsfelderweiterung
- Benchmarking
- Studien

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Markus Wellensiek  
Telefon/Phone +49 241 8904-114  
markus.wellensiek@ipt.fraunhofer.de

Technology management means: to build, to apply and to protect technology skills and business potentials and to adapt the efficiency of technologies, products and processes to the corporate strategy.

#### **We focus on**

- Technology management/R&D analyses (audits)
- Structure and process design in technology management
- Technology roadmapping
- Due diligence reports (technology and business)
- Assessments of technology and market potentials
- Technology-based business development
- Benchmarking
- Studies

### Technologieeinkauf

Viele Unternehmen sehen den Einkauf nach wie vor als reine Unterstützungsfunktion an, die als Bestellabteilung Nachschub für die Produktion beschafft. In Zeiten, in denen die technologische Komplexität der beschafften Waren in einem globalen Umfeld stetig wächst, führt dieses Vorgehen nicht mehr zum Ziel. Die strategische Bedeutung des Einkaufs wird häufig vernachlässigt. Dabei kann der Einkauf gleich in zweierlei Hinsicht positiv Einfluss auf das Unternehmensergebnis nehmen: über eine Senkung der internen Kosten des Einkaufs, etwa der Kosten für Personal oder Systeme, aber vor allem durch günstigere Einkaufspreise bei minimalem Ausfallrisiko. Der Schlüssel hierfür ist Transparenz – sowohl bei den eigenen, internen Prozessen und Strukturen, als auch extern, gegenüber Zulieferern. Dies umfasst auch die Bewahrung und den Ausbau des technologischen Verständnisses hinsichtlich der beschafften Komponenten, um auf Augenhöhe mit den Lieferanten verhandeln zu können.

Die Herausforderung für den Einkauf liegt nun darin, die Transparenz intern wie extern zu erhöhen – gerade dann, wenn Unternehmen sich der strategischen Bedeutung des Einkaufs bewusst sind.

Um hier ihre Chancen zu nutzen, müssen Unternehmen Strukturen, Prozesse und Hilfsmittel innerhalb des Einkaufs anpassen und die technologische Kompetenz ihrer Mitarbeiter ausbauen.

### Technology sourcing

Many enterprises continue to see sourcing as a mere supportive function, “just filling order forms”, which only exists to feed the supply lines to the production department. At a time, however, when the technological complexity of the sourced goods is steadily increasing in a global environment, such a strategy is doomed to fail. Nevertheless, the strategic importance of the sourcing department still remains unrecognized by many. Sourcing, if properly done, can have a positive impact on corporate revenues in two different ways: it can decrease the internal procurement costs by reducing the costs for the company's personnel or system, but it can also – and more importantly – reduce the prices of the purchased goods and reduce the default risk. The key to these positive effects is transparency – both for the internal processes and structures and for the external processes in the company's transactions with its suppliers. This also means that the people in the sourcing department must develop and maintain a sound grasp of the technology they are intending to procure – so they can conduct their negotiations with the suppliers “at eye level”.

The sourcing department will need to increase the levels of internal and external transparency – especially if the company is aware of its strategic importance.

Enterprises that want to seize their opportunities need to adapt their sourcing structures, processes and tools to the new requirements while helping their procurement staff to acquire new technological skills.

### **Unsere thematischen Schwerpunkte**

- Lieferantenmanagement
- Kosten- und Preisanalysen, z. B. Cost Tables, Linear Performance Pricing, Target Costing
- Prozess- und Organisationsgestaltung
- Einkaufsaudits
- Benchmarking

### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Markus Wellensiek  
Telefon/Phone +49 241 8904-114  
markus.wellensiek@ipt.fraunhofer.de

### **We focus on**

- Supplier management
- Cost and price analyses, for example: cost tables, linear performance pricing, target costing
- Organizational and process restructuring
- Procurement audits
- Benchmarking

# FRAUNHOFER CENTER FOR MANUFACTURING INNOVATION CMI

Das Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston, USA, ist eine Geschäftseinheit des Fraunhofer IPT. Das Center steht in enger Zusammenarbeit mit der Boston University und befindet sich auf deren Campus in unmittelbarer Nachbarschaft des Manufacturing Engineering Department. Das Fraunhofer CMI entwickelt gesamtheitliche produktionstechnische Lösungen für nationale und internationale Partner im Bereich der Biotechnologie, der Medizintechnik und der Informationstechnik. Der Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit liegt in Automatisierungsanwendungen für Hochtechnologiebereiche. Daneben bietet das Fraunhofer CMI seinen Kunden eine breite Palette an Ingenieurdienstleistungen bis hin zur vollständigen Übernahme sämtlicher Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten.

## Unsere thematischen Schwerpunkte

- Optoelektronik und Lichtwellenleiter
- Biotechnologie
- Mechanische Mikrobearbeitung
- Entwicklung von Präzisionsmaschinen

## Unsere Dienstleistungen

- Produktentwicklung und Prototyping
- Prozesstechnologie
- Entwicklung und Aufbau von Automatisierungsequipment
- Beratung für Produktentwicklung und Fertigung

## Kontakt/Contact

Prof. Dr. Andre Sharon  
Telefon/Phone +1 617 353-1888  
sharon@bu.edu

The Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation in Boston, USA, is a business unit of the Fraunhofer IPT. The center is affiliated with Boston University (BU) and collocated with the Department of Manufacturing Engineering on the BU campus. Similar to Fraunhofer IPT, Fraunhofer CMI develops holistic manufacturing and production technology solutions for domestic and international clients in the fields of biotechnology, life science and information technology. Research at Fraunhofer CMI is primarily focused at process automation for the high tech industry. Furthermore Fraunhofer CMI offers its clients a broad range of engineering services including consulting, component design, process development as well as outsourcing of R&D efforts.

## We focus on

- Fiber optics and optoelectronic components
- Biotechnology
- Mechanical micromachining
- Development of precision machines

## Our services

- Product development and prototyping
- Process development
- Development and set up of automation equipment
- Engineering consulting

# GESCHÄFTSFELDER

## BUSINESS UNITS

Wer in der Produktionstechnik erfolgreich sein will, muss immer wieder über die eigenen Grenzen blicken und Veränderungen schnell und flexibel mitgestalten. In unseren fünf Geschäftsfeldern bündeln wir die Kompetenzen unserer vier Abteilungen sowie des Fraunhofer CMI und unseres Partnerinstituts an der RWTH Aachen, des Werkzeugmaschinenlabors WZL. Diese abteilungsübergreifende Arbeit in unseren Geschäftsfeldern

- Turbomaschinen und Luftfahrt,
- *aachener werkzeug- und formenbau*,
- Optik und Optische Systeme,
- Life Sciences Engineering und
- Zentrum für Präzisions- und Mikrotechnik ZPM

versetzt uns in die Lage, interdisziplinäre Aufgaben auch über die Grenzen eng gesteckter Arbeitsgebiete hinaus zu lösen.

Unser Leistungsspektrum in diesen Geschäftsfeldern orientiert sich an den individuellen Aufgaben und Herausforderungen innerhalb bestimmter Branchen, Technologien und Produktbereiche. Hier pflegen wir einen ständigen Austausch mit unseren Kunden und Partnern und stellen uns so immer wieder neuen Herausforderungen der industriellen Praxis.

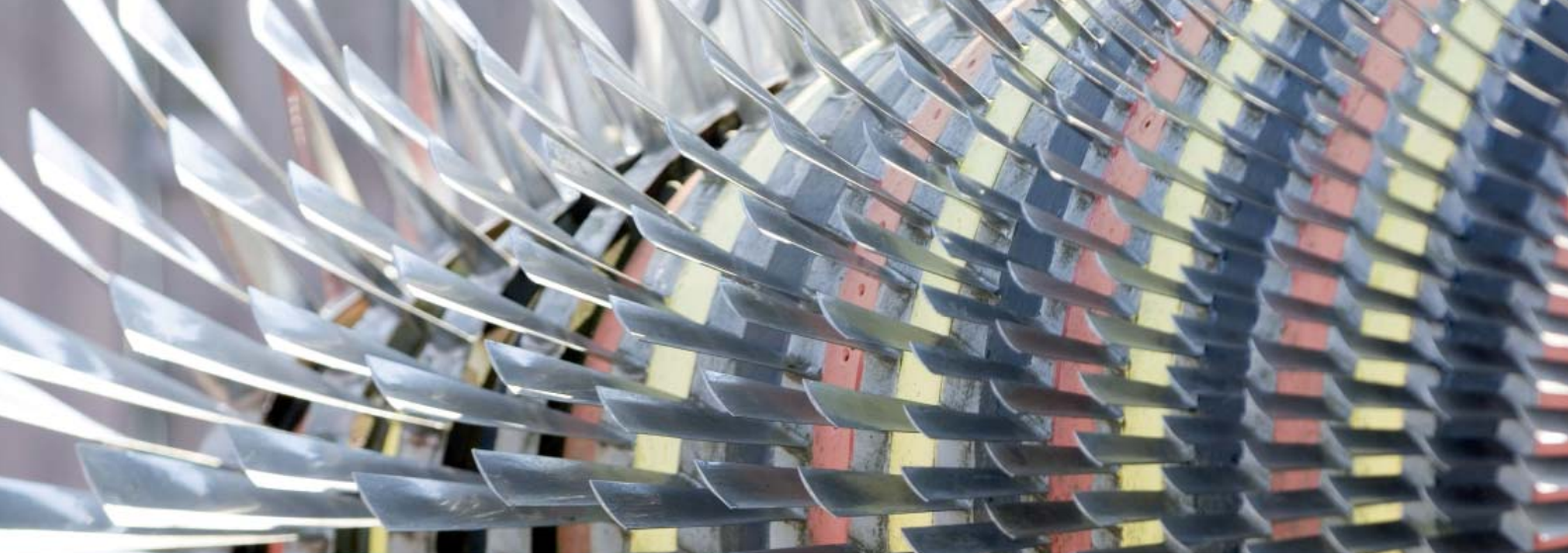
Indem wir uns laufend mit den aktuellen Fragen und Aufgaben unserer Projektpartner auseinandersetzen, gewinnen wir nicht nur wichtige Impulse für unsere Vorlaufforschung, sondern vergrößern gleichzeitig unser eigenes Know-how. Dies erst versetzt uns in die Lage, im Auftrag unserer Kunden individuelle und innovative Lösungen zu entwickeln und zu gestalten.

Being successful in the field of production technology requires the ability to overcome one's limitations and the willingness to react fast and flexibly in the face of sudden changes. The competencies of our four departments, the Fraunhofer CMI and our partner institute, the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen are focused in our business units. Our five business units

- Turbomachines and Aerospace,
- *aachener werkzeug- und formenbau*,
- Optics and Optical Systems,
- Life Sciences Engineering and
- Center for Precision and Micro Technology ZPM

enable us to solve interdisciplinary problems which reach beyond the boundaries of our departments' workscope. Our activities in these business units are tailored to fit the individual needs and desires of selected industries, technologies or products. We cultivate close relationships and exchange with our customers and project partners and in this way regularly meet industry's new challenges.

As we continuously deal with the tasks and problems of our customers and partners, we gain important insights which stimulate our research activities and enhance our knowledge base. This places us in a position to develop new and individual solutions on behalf of our customers.



## Turbomaschinen und Luftfahrt

Die Nachfrage nach höherer Effizienz und sinkenden Emissionswerten bei Turbomaschinen für Luftfahrt und Energieerzeugung wächst beständig. Wir optimieren nicht nur konventionelle Fertigungstechnologien, sondern entwickeln auch neue Lösungen, mit denen sich unterschiedlichste Technologien für den Triebwerks- und Turbinenbau simultan oder sequenziell integrieren lassen. Durchgängiges Prozesskettendesign, Automation und das Management von Fertigungstechnologien sind unsere Spezialität.

- Simultane 5-Achs-Fräsbearbeitung anspruchsvoller Strömungsgeometrien
- NC-Datenanalyse und -optimierung
- Design, Auslegung und Umsetzung automatisierter und maschinenintegrierter Bearbeitungsfolgen
- Auslegung neuer Laserbearbeitungsverfahren
- Bewertung der Zerspanbarkeit neuer Werkstoffe hinsichtlich innovativer Schneidstoffe, Werkzeuggeometrien und Schnittstrategien
- Kooperative Weiterentwicklung von Fertigungsverfahren mit führenden Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrt, Turbinen- und Motorentechnik

## Kontakt/Contact

Dipl.-Ing. Martin Witty  
 Telefon/Phone +49 241 8904-428  
 martin.witty@ipt.fraunhofer.de

## Turbomachines and Aerospace

The demand for more efficient aircraft engines with lower emissions is on the increase. Improved efficiency and reduced emissions in turn are highly dependent on the right choice of material properties and component design. We optimize conventional manufacturing technologies and develop new solutions with which to integrate a variety of turbine and engine building technologies either simultaneously or in series into the production process.

- Simultaneous 5-axis milling of complex flow geometries
- NC data analysis and optimization
- Design and implementation of automated machining processes
- Design of new laser-based machining processes
- Machinability analysis of new materials (cutting materials, tool geometries and cutting strategies)
- Further development of manufacturing technologies in cooperation with leading businesses in aerospace, engine and motor industries





### **aachener werkzeug- und formenbau (awf)**

Der *aachener werkzeug- und formenbau*, ein gemeinsames Geschäftsfeld des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen und des Fraunhofer IPT, bietet Unternehmen, Zulieferern und Kunden des Werkzeug- und Formenbaus ganzheitliche Lösungen, damit diese die vielfältigen Herausforderungen ihrer Branche erfolgreich bewältigen.

- Individuelle Beratungsprojekte zu den Themen
  - Strategieauswahl und -umsetzung
  - Technologieauswahl, -einsatz und -optimierung
  - Kostensenkung und Reduktion von Durchlaufzeiten
  - Industrialisierung
  - Prozesskettengestaltung
- Forschungsprojekte
  - Auftrags- und Grundlagenforschung
  - Konsortialforschung
- Initiative und Arbeitskreis
  - »aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau«
- Aus- und Weiterbildung
  - Kolloquium »Werkzeugbau mit Zukunft«
  - Seminare und Vorträge
- Kennzahlen-Datenbank Werkzeugbau
  - Benchmarking-Projekte und Studien
  - Cluster-Benchmarkings

Wettbewerb »Werkzeugbau des Jahres«

### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Kfm. Martin Bock  
 Telefon/Phone +49 241 8904-159  
 martin.ock@ipt.fraunhofer.de

### **aachener werkzeug- und formenbau (awf)**

The *aachener werkzeug- und formenbau*, a joint business unit combining the tool-making expertise of the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen and the Fraunhofer IPT, provides companies, suppliers and customers of the tool and die making industry with comprehensive technological solutions that will help them to successfully master a wide range of challenges.

- Individual consultancy projects on the subjects of
  - Strategy selection and implementation
  - Technology selection, use and optimization
  - Cost reductions and Reduction of throughput times
  - Industrialization
  - Process chain design
- Research projects
  - Contract and fundamental research
  - Consortium research
- Initiatives and working groups
  - »aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau«
- Training and education
  - "Tool and Die Making for the Future" colloquium
  - Seminars and Lectures
- Tool-making performance indicator database
  - Benchmark projects and Studies
  - Cluster benchmarks

"Toolmaker of the Year" competition





## Optik und optische Systeme

Das Design und die Fertigung komplexer High-End-Optiken sowie die Montage optischer Systeme behandeln wir in unserem Geschäftsfeld »Optik und optische Systeme«. Mit unseren Spezialisten aus den Bereichen der Prozesstechnologie, der Maschinenentwicklung und der Messtechnik unterstützen wir Projekte von der Idee bis zum fertigen Produkt. Unser Ansatz für erfolgreiche Projekte in diesem anspruchsvollen Bereich liegt in der ganzheitlichen Betrachtung der einzelnen Prozessschritte und deren Einbindung in den Gesamtprozess.

- Design optischer Systeme
- Direktfertigung von Glas- und Metalloptiken
- Formenbau und Beschichtung für die Optikreplikation in Glas und Kunststoff
- Fertigung komplexer Optikkomponenten: Mikrolinsenarrays, Freiformflächen, diffraktive Strukturen
- Automatisierte Montage optischer Systeme
- Optikprüfung mit Interferometrie, Deflektometrie sowie Mikro- und Nano-Koordinatenmessgeräten
- Entwicklung optischer Messtechnik für Sonderaufgaben

## Kontakt/Contact

Dipl.-Ing. Karl Vielhaber  
Telefon/Phone +49 241 8904-476  
karl.vielhaber@ipt.fraunhofer.de

## Optics and Optical Systems

Our "Optics and Optical Systems" business unit deals with the design and manufacture of complex high-end optics and the assembly of optical systems. Our specialists from the fields of process technology, machine development and metrology can provide professional support for your projects – from the original idea to the finished product. Our approach to successful projects in this complex field is to take a comprehensive view of the individual process stages and their connection to the overall process.

- Design of optical systems
- Direct manufacture of glass and metal optics
- Mold making and coatings for glass and plastic optics replication
- Manufacture of complex optical components: micro lens arrays, freeform surfaces, diffractive structures
- Automated assembly of optical systems
- Optics inspection via interferometry, deflectometry and micro and nano coordinate measuring devices
- Development of optical metrology for specialist applications



## Life Sciences Engineering

»Life Sciences Engineering« ist ein gemeinsames Geschäftsfeld des Fraunhofer CMI in Boston und des Fraunhofer IPT in Aachen. Ziel ist es, die Kompetenzen beider Institute zu bündeln und produktionstechnische Lösungen für die Lebenswissenschaften zu entwickeln. Unser Dienstleistungsangebot deckt die gesamte Wertschöpfungskette ab: von angewandter Forschung und Entwicklung bis zum Ramp-up und der Kommerzialisierung. Darüber hinaus bieten wir eine integrierte Produkt-, Prozess- und Anlagenentwicklung für die Medizintechnik und Automatisierung biologischer und molekularbiologischer Prozesse an.

- Auswahl und vielseitige Bearbeitung biokompatibler Werkstoffe
- Entwicklung von Messinstrumenten für die minimal-invasive Chirurgie
- Faseroptische Sensorik und Sondenbau
- Entwicklung technischer Lösungen zur Handhabung von Zellen und Gewebe
- Automatisierung, Integration und Skalierung komplexer biologischer Prozessketten
- Auslegung von Lab-on-a-chip-Systemen

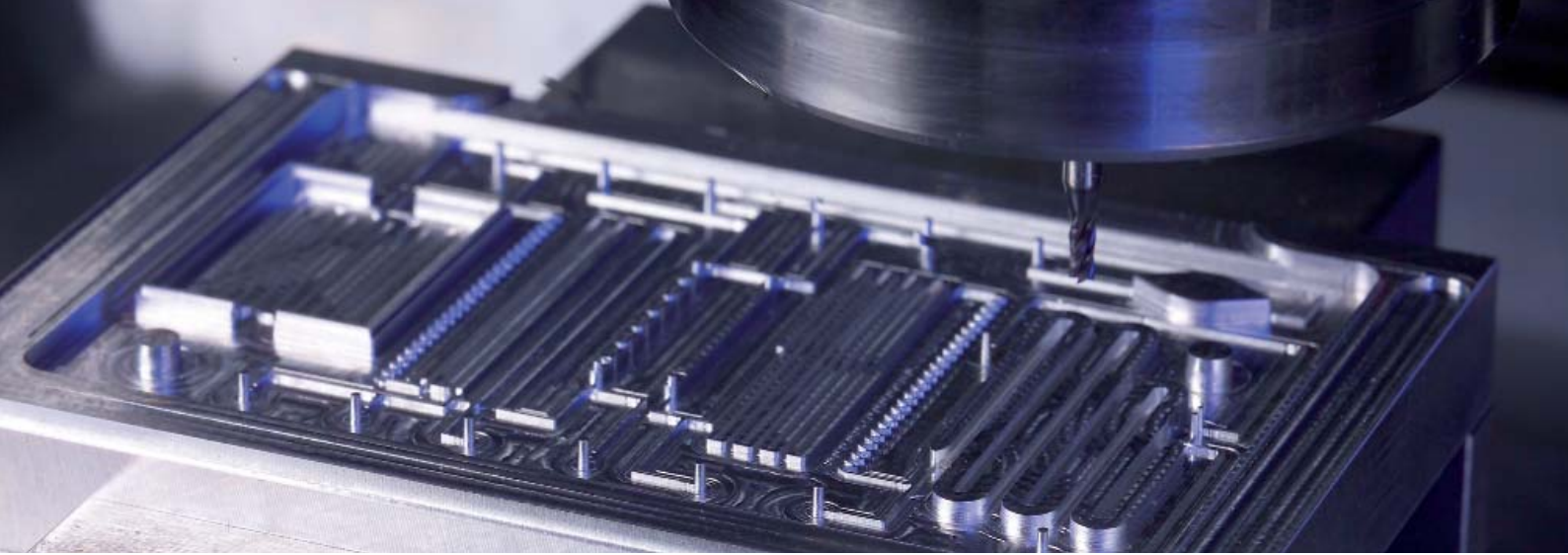
## Kontakt/Contact

Dipl.-Ing. (FH) Ulrike Koropp  
Telefon/Phone +49 241 8904-139  
ulrike.koropp@ipt.fraunhofer.de

## Life Sciences Engineering

“Life Science Engineering” is a business unit covered by the Fraunhofer CMI in Boston and the Fraunhofer IPT in Aachen. Our purpose is the concentration of the two institute’s expertise and the development of production-related solutions in the field of life sciences. Our service supply covers the whole value chain, including applied research and development as well as production ramp-up and commercialization. Moreover we offer an integrated product, process and facility development for medical technologies and the automation of biological and biomolecular processes.

- Selection and versatile processing of biocompatible materials
- Development of measuring instruments for minimally invasive surgery
- Fiber-optic sensor systems and probe construction
- Development of technical solutions for handling cells and tissue
- Automation, integration and scaling of complex biological process chains
- Design of lab on a chip systems



### **Zentrum für Präzisions- und Mikrotechnik ZPM**

Das Zentrum für Präzisions- und Mikrotechnik bietet eine Wissensplattform zu den aktuellen Aufgaben der Präzisions- und Mikrotechnik.

Unser Angebot reicht dabei von der Präzisionsbearbeitung von Siliziumwafern aus der Halbleiterindustrie über die Fertigung ultrapräziser Werkzeugmaster für die Replikation von Kunststoffen und Gläsern bis hin zur Handhabung und Montage von Mikrobrennstoffzellen.

- Technologieentwicklung für die (Ultra-)Präzisions- und Mikrozerspanung
- Entwicklung von Präzisionsmaschinen, Handling- und Montagesystemen
- Auftragsfertigung von Bauteilen und Systemkomponenten
- Entwicklung und Einsatz spezieller Mess- und Prüftechniken

### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Christoph Baum  
 Telefon/Phone +49 241 8904-400  
[christoph.baum@ipt.fraunhofer.de](mailto:christoph.baum@ipt.fraunhofer.de)

### **Center for Precision and Micro Technology ZPM**

This center was established with funding from the Land North Rhine-Westphalia as a platform for the provision of current information on the topic of precision and micro-technology.

Our services range from the precision machining of silicon wafers for the semi-conductor industry and the manufacture of ultra-precise tool masters for the replication of plastic and glass components to the handling and assembly of micro fuel cells.

- Technology development for (ultra-) precision and micro-machining
- Development of precision machines, handling and assembly systems
- Commissioned production of components and system components
- Development and use of specialized metrology and testing technology

# AUSSTATTUNG

## EQUIPMENT

### **Präzisionsschleifmaschinen, Poliermaschinen**

#### **Precision grinding machines, polishing machines**

- Anlage zur ultraschallunterstützten Schleifbearbeitung:  
DMS 50 Ultrasonic
- Anlage zum Ultraschallschwingläppen:  
Walter Exeron US 303
- Rotationsschleifmaschinen zur Waferplanbearbeitung:  
G&N Multi-Nanogrinder
- Topfschleifmaschine zur Vor- und Feinbearbeitung sphärischer Optiken: LOH SPM Spheromatic
- Schleifmaschinen zur Ultrapräzisionsbearbeitung von Stahl, technischer Keramik, Halbleiterwerkstoffen und Glas:  
Moore Nanotech 500 FG, Toshiba ULG-100D(SH3)
- Poliermaschinen zur Endbearbeitung sphärischer Bauteile:  
LOH SPS 120, Phoenix 4000
- Doppelseiten-Poliermaschine zum Planpolieren:  
Peter Wolters AC 530
- Ultrapräzisionsschleif- und -drehmaschinen:  
Toshiba ULG 100D(SH3), Moore Nanotech 350FG Five Axis Freeform Generator
- Asphären-Polierroboter Satisloh All
- Manuelle Polierarbeitsstation
- Tribometer-Versuchsstand TRM 1000

### **Anlagen zur Replikation von Glas- und Kunststoff-optiken**

#### **Equipment for optics replication of glass and plastics**

- Anlagen zum Präzisionsblankpressen optischer Gläser:  
Toshiba GMP 211V, Toshiba GMP 207HV, Moore Nanotech 065 GPM-S
- Anlage zum Prägen optischer Mikrostrukturen

### **Präzisions- und Ultrapräzisionsdrehmaschinen**

#### **Precision and ultra precision lathes**

- Drehmaschinen zur Präzisions- und Ultrapräzisionszerspanung von NE-Metallen, Stahl, technischer Keramik, Kunststoff, Halbleiterwerkstoffen und Glas:  
Precitech Nano Form 350, Rank Pneumo MSG 325, LT-Ultra MTC
- Präzisionsdrehmaschinen zur Hartbearbeitung:  
Hembrug Slantbed Microturn 50 CNC linear, Hembrug Slantbed Microturn 100 CNC, Hembrug Slantbed Microturn CNC
- Drehmaschinen: Gildemeister CT 400, Benzinger TNC

### **Präzisions- und Hochleistungsfräsmaschinen**

#### **Precision and high performance milling machines**

- 5-Achs-Präzisionsfräsmaschinen: Maho HGF 500, Mikron HSM U 600, Heller MC 25
- 5-Achs-Präzisionsfräsmaschinen zur Mikrobearbeitung:  
Kern HSPC 2216, Almac CU 1005, LT Ultra MMC 1100-2Z
- Ultrapräzisions-CNC-Bearbeitungszentrum KERN Evo
- Vertikales Bearbeitungszentrum mit zwei Spindeln und integriertem Dreh-Schwenkkopf zur Fräsbearbeitung und Laserbeschichtung von Freiformflächen: Deckel Maho DMC 165 V Linear
- 3-Achs-Portalfräsmaschine mit Dreh-Schwenktisch zur HSC- und Hartbearbeitung: Mikromat 8V HSC
- 5-Achs-Großfräsmaschinen zur Sonderbearbeitung:  
Ingersoll Bohle Mastercenter

### **Beschichtungsanlage**

#### **Coating System**

PVD-Beschichtungsanlage: Cemecon 800/9

## **Lasergeräte und Handhabungsanlagen**

### **Lasers and auxiliary equipment**

- Mehrere Hochleistungsdiodenlaser mit Leistungen bis zu 4 kW von Laserline, Dilas und Jenoptik
- Nd:YAG-Festkörperlaser zur Materialbearbeitung mit einer Leistung bis zu 3 kW: Haas HL 3006 D
- Nd:YVO<sub>4</sub>-Laser zur Laserstrahlstrukturierung: Rofin Powerline E, Edgewave IS 1064-40 E
- 6-Achs-Roboter zur 3D-Lasermaterialbearbeitung: Stäubli RX 170
- 3- und 5-Achs-Handhabungssysteme für Bauteilgrößen bis zu 2 x 3 m<sup>3</sup> und Bauteilgewichten bis 10 t: Schuler Held
- Präzisionsdrehmaschine zur laserunterstützten Bearbeitung: Benzinger TNE-1S
- Drehmaschine für integrierte Prozessketten der Zerspaltung und Lasermaterialbearbeitung: Monforts UniCen 400 »KombiMasch«
- Anlagen zum Rapid Manufacturing von Kunststoff-, Keramik- und Metallteilen: Stereolithographie: Stereos Desktop S 250, Lasersintern: EOSINT M 160, EOSINT M250 Xtended, Lasergenerieren und Controlled Metal Build Up: Röders RFM-600 CMB
- Drückmaschine zum konventionellen und laserunterstützten Metalldrücken: Leifeld PNC/CNC 75
- Vertikales Bearbeitungszentrum mit zwei Spindeln und integriertem Dreh-Schwenkkopf zur Fräsbearbeitung und Laserbeschichtung von Freiformflächen: Deckel Maho DMC 165 V Linear
- 3-Achs-Portalfräsmaschine mit Dreh-Schwenktisch zum laserunterstützten Fräsen: Mikromat 8V HSC
- 5-Achs-Präzisionsfräsmaschine zum Laserstrukturieren von Freiformflächen: Mikron HSM U 600
- CO<sub>2</sub>-Laser: Trumpf TruCoax 2000
- IPG-Faserlaser YLR-6000-S2
- Fasergekoppeltes Diodenlasersystem: LDF 400-5000 LLK-D
- Pikosekunden-Laser: Lumera SUPER-RAPID

- 6-achsige Montage- und Handhabungsroboter: aico AR6560, AR6560-L, AR6590 (Manz Automation)
- 4-Achs-Roboter: DR1200/4 (Manz Automation)

## **Sondereinrichtungen**

### **Specialist equipment**

- Reinraum Klasse 1000 (46 m<sup>2</sup>), Flow-Boxen 100
- Klimatisierte Kammern (±0,1 °C)
- Großkammer-Rasterelektronenmikroskop mit Vakuumkammer für Bauteile bis ca. 2 m<sup>3</sup>
- Labor für metallographische Untersuchungen
- 3D-Röntgen-Computertomograph Metrotom 1500 Carl Zeiss IMT
- Galvanikanlage Temicon
- Spritzgießmaschinen: Arburg, Ferromatik

## **Datenverarbeitung und Simulationswerkzeuge**

### **Data processing and simulation tools**

- Softwaresysteme für CAX-Anwendungen: CATIA IV/V, Mastercam/Camaix, NC-Profilier, Cimatron E6, Open Mind, Delcam, Vericut, Pro-Engineer Wildfire 2, Unigraphics NX 2
- FEM-Simulationsprogramme: ABAQUS, AdvantEdge, ANSYS, Cosmos M
- VR-Visualisierungstools: Covise, Division Mockup 200i2, Avango, Invision

## **Mess- und Prüfeinrichtungen**

### **Metrology and testing equipment**

- Laserinterferometer zur Form- und Oberflächenprüfung: Zygo VeriFire AT 6", Wyko 6000, Fisba µPhaseDCI 2HR
- 5-Achs-Koordinatenmessgerät zur multisensoriellen Freiformkontrolle mit taktilen und optoelektronischen Messköpfen: Werth Videocheck IP
- 3D-Koordinatenmessgerät: Werth Videocheck UA 400





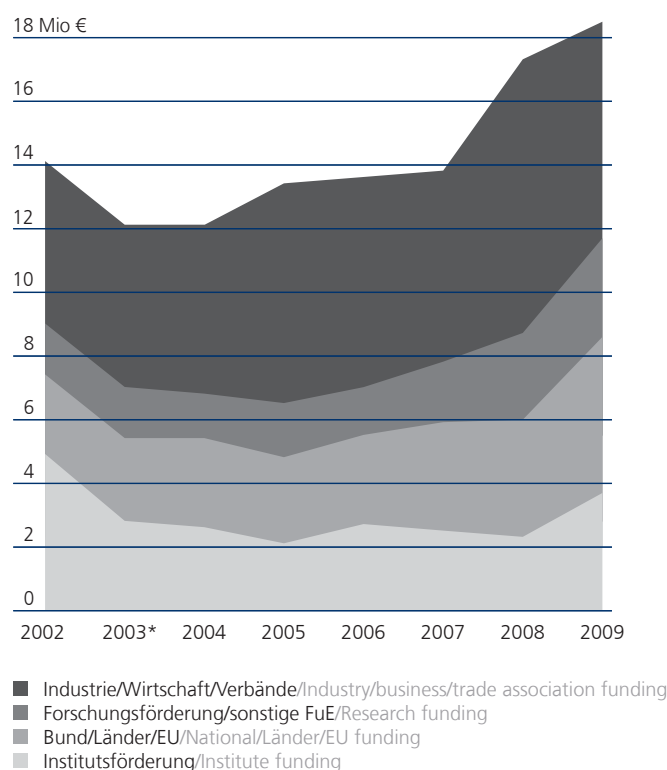
- Speckle-Interferometer zur Form- und Deformationsprüfung
- Streifen- und Mikrostreifenprojektionssysteme, z.B. für Reverse Engineering
- Weißlicht-Interferometer zur Mikrotopographie- und Rauheitsbestimmung: Veeco NT 1100
- Laserinterferometer Zygo VeriFire AT+ 6-Zoll
- Quarzkristall-3-Komponenten Dynamometer Kistler 9255 B
- Rasterkraftmikroskop AFM inkl. Explorer-Kopf: Veeco-Topometrix Accurex II
- Portalintegrierter chromatischer Sensor zur 3D-Oberflächenmessung: FRT CHR 150 N
- Wellenfrontmessgeräte: TriOptics WaveMaster, Trioptics WaveMaster LAB
- Form- und Oberflächenmessgeräte: Taylor Hobson Talysurf, Talysurf
- Formtester zur Bestimmung von Rundheit, Planlauf etc.: Mahr MMQ 400
- Hochauflösendes, optisches 3D-Oberflächenmesssystem: Alicona Imaging InfiniteFocus System G4
- Nanopositionier- und -messmaschine: Sios Messtechnik mit integriertem Fokus-Sensor
- Partikelmessgeräte zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung und Partikelform: Malvern Mastersizer 2000, Malvern FPIA-2100
- Laserstrahldiagnostiksysteme: Prometec Laserscope UFF 100, Prometec Lasermeter
- Mobiles Röntgendiffraktometer zur Messung von Eigenspannungen und Restaustenit ohne Kalibrierung: Stresstech XSTRESS 3000
- Tragbares Messgerät zur zerstörungsfreien Prüfung von Schleif- und Drehbrand, Härte, Entkohlungen und Wärmebehandlungsfehlern nach dem Barkhausenrauschen-Verfahren: Stresstech RollScan 200
- Rasterelektronenmikroskop: Zeiss DSM 962 inkl. EDX-Analyse Oxford Isis, Carl Zeiss NeonTM EsB mit EDX-/EBSD-Analysesystem
- Lichtmikroskop: Zeiss Axiophot inkl. Bildanalyse
- SIS analySIS auto
- Konfokales Laserscanning-Mikroskop: Leica TCS SL
- Digital-Mikroskop: Keyence VHX-500F
- Konfokales Lasermikroskop: Keyence VK-9700
- Laborausstattung zur metallographischen Präparation von Gefügen, Bruch und Oberflächen
- Messsysteme zur Analyse des geometrischen, kinematischen, dynamischen und thermischen Verhaltens hochpräziser Maschinen
- Diverse Mess- und Prüfgeräte (Kraft-, Temperatur-, Härte-, Schwingungsmessungen, etc.) sowie Auswertesysteme
- Hochgeschwindigkeitskameras: SpeedCam MacroVis monochrom, BFi OPTiLAS
- Flowbox zur Unterstützung von Montagearbeiten
- Rundheitsmesssystem mit optischer Antastung: Mahr MMQ 400
- Zellzählgerät: Roche Inovartis Cedex HiRes Analyzer

# DAS INSTITUT IN ZAHLEN

## FACTS AND FIGURES

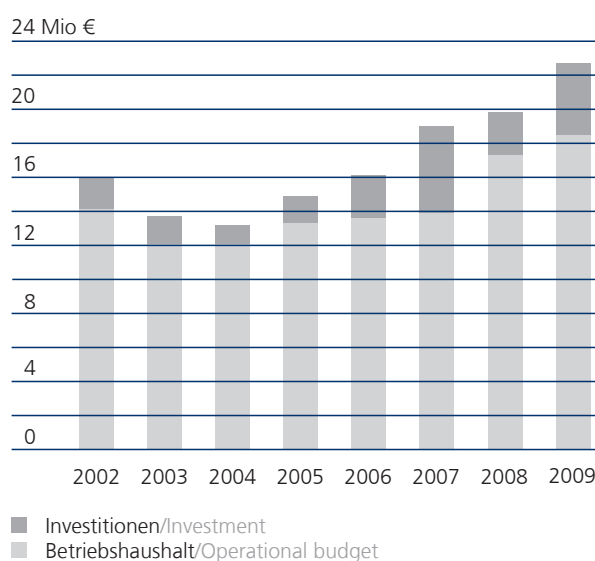
### Haushalt

Die Finanzstruktur der Fraunhofer-Gesellschaft unterscheidet zwischen dem Betriebs- und dem Investitionshaushalt. Der Betriebshaushalt umfasst alle Personal- und Sachaufwendungen sowie deren Finanzierung durch externe Erträge und institutionelle Förderung. Der integrierte Finanzplan der Fraunhofer-Gesellschaft erlaubt die Mittelbewegung zwischen beiden Haushalten.



### Budget

The financial structure of the Fraunhofer-Gesellschaft distinguishes between operational and investment budgets. The operational budget includes all personnel and material costs, external profits and funding. The Fraunhofer-Gesellschaft's integrated financial plan allows for transfers between budgets.





### **Betriebshaushalt**

Der Betriebshaushalt hatte im Jahr 2009 ein Volumen von ca. 18,5 Mio €. Er wies für das Berichtsjahr eine Eigenfinanzierungsquote des Instituts von etwa 90 Prozent auf.

### **Vertragsforschung**

Die Erträge aus Forschungsprojekten, die von Bundes- und Länderministerien gefördert wurden, haben sich erhöht und trugen mit 4,9 Mio € bzw. 30 Prozent zur Eigenfinanzierung bei.

Die Erträge aus Projekten mit der EU-Kommission stiegen im Vergleich zum Vorjahr um 0,4 Mio € auf 1,1 Mio €. Da die EU nicht 100 Prozent der Kosten erstattet, sind die Fraunhofer-Institute aufgrund ihrer begrenzten Grundfinanzierung in der Akquisition von EU-Projekten eingeschränkt.

Das Fraunhofer IPT führte gemeinsam mit der Industrie Verbundprojekte durch, die zusammen mit den Erträgen aus der Auftragsforschung für Industrie, Wirtschaft und Wirtschaftsverbände eine Höhe von 6,8 Mio €, also 41 Prozent des Eigenfinanzierungsanteils erreichten.

Die Zahlen geben den vorläufigen Jahresabschluss 2009 an.

### **Operational budget**

The operational budget amounted to approx. € 18.5 million in 2009, with 90 percent self-financing.

### **Contract research**

Profits generated through research in national and state-funded projects increased, contributing € 4.9 million to the institute's financing (30 percent). Profits generated through EU-funded projects also increased by € 0.4 million to € 1.1 million). EU projects are not fully-financed, calling for a contribution from the research institute. Fraunhofer Institutes therefore limit their applications for such projects.

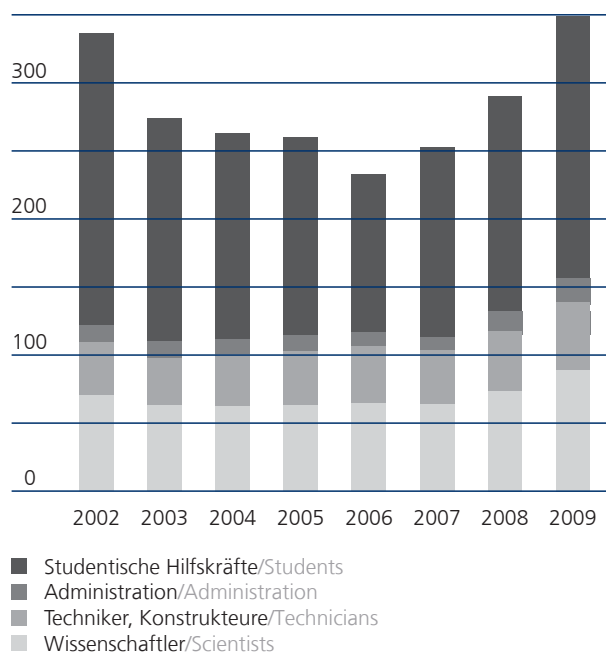
The Fraunhofer IPT took on projects in co-operation with industrial partners which, combined with the profits from contract research for industry, business and trade associations, contributed € 6.8 million to the institute's finances (41 percent).

The figures indicate the preliminary annual financial statement of 2009.

### Personalstruktur des Fraunhofer IPT

Im Jahr 2009 waren im Schnitt 349 Mitarbeiter am Institut beschäftigt. Der Personalbestand der festangestellten wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Mitarbeiter wuchs in diesem Jahr auf 155 Mitarbeiter an. Der Anteil der Wissenschaftler lag bei ca. 57 Prozent.

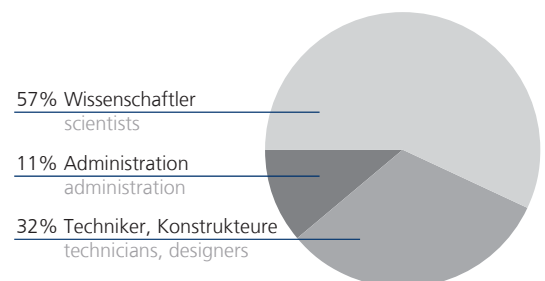
Am Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston/USA waren in diesem Jahr 43 Mitarbeiter beschäftigt. Die Zahl der festangestellten wissenschaftlichen Mitarbeiter betrug 2009 15 Mitarbeiter. Zwei nichtwissenschaftliche Festangestellte unterstützten sie bei der Projektarbeit.



### Personnel structures at the Fraunhofer IPT

An average of 349 staff was employed at the institute in 2009, with around 155 permanent staff members in scientific and non-scientific departments (57 percent scientific staff).

The Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston, USA, employed a staff of 43 in the past year, 15 of which were permanent scientific staff with a support staff of two.



# KURATORIUM

## BOARD OF TRUSTEES

Die Kuratorien der einzelnen Fraunhofer-Institute stehen der Institutsleitung und dem Vorstand der Gesellschaft beratend zur Seite. Ihnen gehören Persönlichkeiten der Wissenschaft, der Wirtschaft und der öffentlichen Hand an. Zum Kuratorium des Fraunhofer IPT gehörten im Berichtsjahr folgende Mitglieder:

Each of the Fraunhofer Institutes has a Board of Trustees to advise the management of the institute and the Management Board of the Fraunhofer-Gesellschaft. They include personalities from academic life, business and government. The members of the Board of Trustees of the Fraunhofer IPT in the year under review were as follows:

Dr.-Ing. Hans-Henning Winkler  
Unternehmensberatung Dr. Winkler, Tuttlingen

Dr.-Ing. Uwe H. Böhlke  
Head of Business Sector, Lonza Ltd., Basel/Schweiz

Prof. em. Dr.-Ing. Ulrich Dilthey  
Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik der  
RWTH Aachen  
ISF Welding Institute, RWTH Aachen University

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Franke  
Geschäftsführer, Management Partner MPower GmbH,  
Stuttgart

Dr. rer. nat. Hermann Gerlinger  
Vorstand, Carl Zeiss AG, Oberkochen

Dr.-Ing. Markus Hilleke  
Abteilungsleiter Corporate Machinery, Schott AG, Mainz

Dr.-Ing. Hans-Robert Meyer  
Mitglied des Beirates,  
Nordmetall, Arbeitgeberverband der Metallindustrie  
Hamburg – Schleswig, Holstein e.V., Hollern-Twielenfleth  
Nordmetall, Employers' Association of the Metalworking Industry Hamburg – Schleswig-Holstein e.V., Hollern-Twielenfleth

Manfred Nettekoven  
Kanzler der RWTH Aachen  
Chancellor of the RWTH Aachen University

Dr.-Ing. Stefan Nöken  
Mitglied der Konzernleitung, Hilti AG, Schaan/Liechtenstein

MinRat Hermann Riehl  
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn  
Federal Ministry of Education and Research, Bonn

Karl Schultheis  
Mitglied des Landtags NRW, Düsseldorf  
Member of the North Rhine-Westphalian Landtag, Düsseldorf

Dr. rer. nat. Thomas Sesselmann  
Mitglied der Geschäftsführung,  
Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut

Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. h.c. Hans Kurt Tönshoff  
Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen,  
Universität Hannover  
Institute of Production Engineering and Machine Tools (IFW),  
University of Hannover

# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

## THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. 17 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,5 Milliarden Euro. Davon fallen 1,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Nur ein Drittel wird von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Research of practical utility lies at the heart of all activities pursued by the Fraunhofer-Gesellschaft. Founded in 1949, the research organization undertakes applied research that drives economic development and serves the wider benefit of society. Its services are solicited by customers and contractual partners in industry, the service sector and public administration.

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains more than 80 research units in Germany, including 60 Fraunhofer Institutes. The majority of the 17,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of €1.5 billion. Of this sum, more than €1.3 billion is generated through contract research. Two thirds of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Only one third is contributed by the German federal and Länder governments in the form of base funding, enabling the institutes to work ahead on solutions to problems that will not become acutely relevant to industry and society until five or ten years from now.

Affiliated research centers and representative offices in Europe, the USA and Asia provide contact with the regions of greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

With its clearly defined mission of application-oriented research and its focus on key technologies of relevance to the future, the Fraunhofer-Gesellschaft plays a prominent role in the German and European innovation process. Applied research has a knock-on effect that extends beyond the direct benefits perceived by the customer: Through their research and development work, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their local region, and throughout Germany and Europe. They do so by promoting innovation, strengthening the technological base,

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studentinnen und Studenten eröffnen sich an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787-1826), der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich war.

improving the acceptance of new technologies, and helping to train the urgently needed future generation of scientists and engineers.

As an employer, the Fraunhofer-Gesellschaft offers its staff the opportunity to develop the professional and personal skills that will allow them to take up positions of responsibility within their institute, at universities, in industry and in society. Students who choose to work on projects at the Fraunhofer Institutes have excellent prospects of starting and developing a career in industry by virtue of the practical training and experience they have acquired.

The Fraunhofer-Gesellschaft is a recognized non-profit organization that takes its name from Joseph von Fraunhofer (1787-1826), the illustrious Munich researcher, inventor and entrepreneur.



# ORGANIGRAMM

## ORGANIZATIONAL CHART

### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

#### Fraunhofer Institute for Production Technology IPT

Steinbachstr. 17  
52074 Aachen  
Germany

Telefon/Phone +49 241 8904-0

### Institutsleiter

#### Executive Director

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. F. Klocke - 106

### Geschäftsführender Oberingenieur

#### Managing Chief Engineer

Dr.-Ing. T. Bergs - 108

### Prozesstechnologie

#### Process Technology

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. F. Klocke - 106

### Oberingenieure

#### Heads of Department

Dipl.-Ing. K. Arntz - 121

Dr.-Ing. T. Bergs - 108

Dr.-Ing. O. Dambon - 233

Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. L. Glasmacher - 246

### Feinbearbeitung und Optik

#### Fine Machining and Optics

Dipl.-Ing. oec. R. Zunke - 137

Dipl.-Ing. Martin Hüntel - 497

### Hochleistungszerspanung

#### High Performance Cutting

Dipl.-Ing. M. Witty - 428

### Lasermaterialbearbeitung

#### Laser Machining

Dipl.-Ing. S. Bausch - 242

Dipl.-Ing. D. Donst - 120

### CAx-Technologien

#### CAx Technologies

Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. L. Glasmacher - 246

### Produktionsmaschinen

#### Production Machines

Prof. Dr.-Ing. C. Brecher - 106

### Oberingenieure

#### Heads of Department

Dipl.-Ing. M. Emonts - 150

Dr.-Ing. C. Wenzel - 220

### Präzisions- und Sondermaschinenentwicklung

#### Precision and Special Purpose Machine Development

Dipl.-Ing. P. Utsch - 154

### Faserverbund- und Lasersystemtechnik

#### Fiber Reinforced Pastics and

#### Laser System Technology

Dipl.-Ing. C.-J. Rosen - 249

### Ultrapräzisionstechnik

#### Ultra Precision Technology

Dipl.-Ing. R. Tücks - 152

### Präzisionsmontage und Automatisierungstechnik

#### Precision Assembly and Automation

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. N. Pyschny - 164



## **Verwaltungsleitung**

### **Head of Administration**

J. von Heel - 109

---

## **Produktionsqualität und Messtechnik**

### **Production Quality and Metrology**

Prof. Dr.-Ing. R. Schmitt - 108

## **Oberingenieur**

### **Head of Department**

Dr.-Ing. Stephan Bichmann - 245

## **Produktionseffizienz**

### **Production Efficiency**

Dipl.-Ing. S. Frischemeier M. Eng. - 416

## **Unternehmensdynamik**

### **Corporate Dynamics**

Dipl.-Psych. S. Hatfield - 257

## **Mikro- und Nanometrologie**

### **Micro and Nano Metrology**

Dipl.-Ing. K. Vielhaber - 476

## **In-line- und In-Prozess-Messtechnik**

### **Inline and In-Process-Metrology**

Dipl.-Phys. N. König - 113

## **Faseroptische Sensorik**

### **Fiber Optical Sensors**

Dipl.-Phys. N. König - 113

---

## **Technologiemanagement**

### **Technology Management**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh - 108

## **Oberingenieur**

### **Head of Department**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. M. Wellensiek - 114

## **Technologiefrüherkennung**

### **Technology Intelligence**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. S. Orilski - 168

## **Technologieplanung**

### **Technology Planning**

Dipl.-Phys. A.-L. Gehrmann - 169

## **Technologieeinkauf**

### **Technical Purchasing**

Dipl.-Ing. J. Kreysa - 274

# HIGHLIGHTS

## HIGHLIGHTS

- 44    **Life Sciences Engineering**  
Life Sciences Engineering
- 48    **Integrative Produktionstechnik für energie-  
effiziente Turbomaschinen – TurPro**  
Integrative Production Technology for Energy-  
Efficient Turbo Engines– TurPro
- 50    **Polieren und Strukturieren: Designoberflächen  
im Werkzeugbau**  
Polishing and Structuring: Design Surfaces in  
Tool Making
- 52    **Energieeffiziente Beleuchtung –  
Herausforderungen für die Mikrotechnik**  
Energy-efficient Lighting – a Challenge  
for Micro Technology
- 54    **Prozessketten für die Optikfertigung**  
Process Chains in Optical Components  
Manufacturing
- 56    **Innovative Prozesskettenoptimierung  
in der Metallherstellung**  
Innovative Optimization of Process Chains  
in Metal Manufacturing
- 58    **Integrative Produktionstechnik für  
Hochlohnländer**  
Integrative Production Technology  
for High Wage Countries

# LIFE SCIENCES ENGINEERING

## LIFE SCIENCES ENGINEERING

Das Fraunhofer IPT bündelt seine produktionswissenschaftlichen Kompetenzen im Geschäftsfeld »Life Sciences Engineering« gemeinsam mit dem Fraunhofer CMI seit 2008 auch im Bereich biologischer und medizinischer Anwendungen. Im Jahr 2009 haben die Aktivitäten im Geschäftsfeld »Life Sciences Engineering« deutlich zugenommen und die laufenden Projekte zur Automatisierung biologischer Prozesse sowie im Bereich der Medizintechnik wurden erfolgreich fortgeführt.

### Automatisiertes Tissue Engineering

Bereits Anfang 2008 startete ein Kooperationsprojekt der beiden Fraunhofer-Verbünde »Life Sciences« und »Produktion«, das von der Fraunhofer-Zukunftsstiftung gefördert wird. Geplant ist, bis Ende 2010 ein Produktionssystem zur Herstellung von In-vitro-Hauttestsystemen zu entwickeln. Ein solches Produktionssystem ist weltweit einzigartig: Es erlaubt erstmals die automatisierte Herstellung eines funktionsfähigen Modells der menschlichen Haut in hohen Stückzahlen, einheitlich hoher Qualität und mit deutlich reduzierten Herstellkosten.

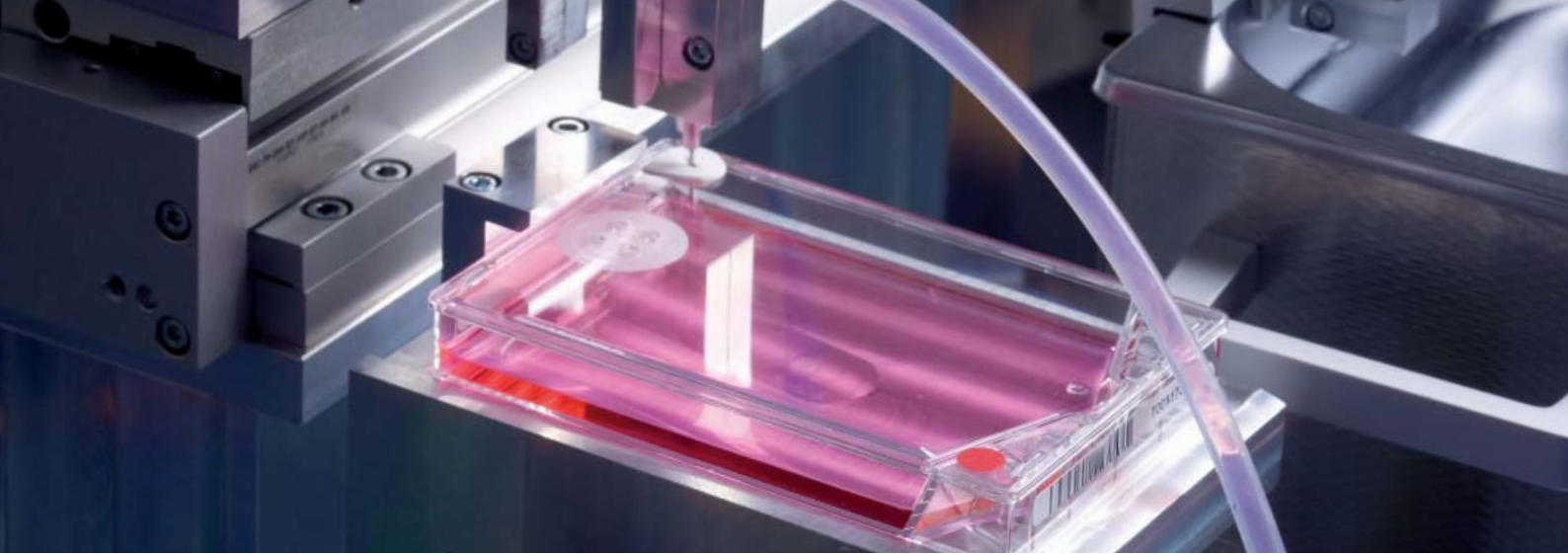
Erst die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen vier Fraunhofer-Instituten macht es möglich, die Vision von maschinell hergestellter Haut zu verwirklichen. Das modular aufgebaute Produktionssystem ist darauf ausgelegt, vollautomatisch und unter sterilen Bedingungen verschiedene Hautzelltypen aus humanen Hautbiopsaten zu isolieren, zu vermehren und in einer Kollagenmatrix zu 3D-Hauttestsystemen zusammenzusetzen. Die große Herausforderung für das interdisziplinäre Projektteam liegt in der automatisierten Bearbeitung und Handhabung des empfindlichen biologischen Materials. Aufgrund der natürlichen biologischen Diversität des Eingangsmaterials und den dadurch bedingten Schwankungen des Zell-

The Fraunhofer IPT has recently extended its cooperation with the Fraunhofer CMI in the area of industrial engineering to biological and medical applications. In 2009, the number of "Life Sciences Engineering" joint ventures increased significantly while ongoing projects (automation of biological processes, medical technology) were successfully continued.

### Automatic Tissue Engineering

Back in early 2008, the two Fraunhofer research associations "Life Sciences" and "Production" started a joint venture which is supported by the Fraunhofer Future Foundation. The plan is to develop a ground-breaking process of producing in-vitro skin test systems by late 2010. The resulting automatic production system is worldwide unique: For the first time the fabrication of functional human skin equivalents in high quantities, consistent high quality and with reduced production costs, becomes feasible.

By pooling the resources and the expertise of four Fraunhofer Institutes, it will become possible to produce human skin tissue for the medical and pharmaceutical industry. The modular, fully automatic and sterile production system has been designed to isolate different skin cell types from human biopsy specimens, to expand them and to assemble them to 3D skin test systems by using a collagen matrix. Automation issues provide the greatest challenges for the interdisciplinary project's scientists and engineers: how to design workable automated procedures for the processing of the delicate biological material. Due to the natural biological diversity of the human biopsies and the fluctuations of the cell growing process the automated quality control of biological intermediate and end products is another important area of development.



wachstumsprozesses ist die automatisierte Qualitätskontrolle von biologischen Zwischen- und Endprodukten ein weiterer entscheidender Entwicklungsschwerpunkt.

In der ersten Hälfte der Projektlaufzeit passte das Fraunhofer IPT die bislang im Labor etablierte, manuell durchgeführte Zellisolation und Zellvermehrung mit Hilfe spezieller Funktionsprototypen an die Anforderungen der Automatisierung an. Für die automatisierte Messtechnik wurden dynamische und nicht-invasive Messstrategien sowie neue Systeme zur Qualitätskontrolle entwickelt. Um die Prototypen und modifizierten Prozesse in biologischen Versuchen zu erproben, richtete das Fraunhofer IPT ein hausinternes Zellkulturlabor ein. Parallel dazu wurden Materialflussanalysen und FMEA durchgeführt, um die Anlagenmodule passend auszulegen und zu konstruieren. Im Oktober 2009 erreichte das Projekt mit dem »Design Freeze« einen wichtigen Meilenstein und schuf damit die Basis für den Aufbau der Anlagenmodule.

Der erste Testlauf der vollautomatisierten Produktionsanlage ist für Anfang 2011 geplant. Die 3D-Hauttestsysteme, die in der Anlage hergestellt werden, können für Verträglichkeitstests in der Entwicklung von Kosmetika, Arzneimitteln, Medizinprodukten und Chemikalien eingesetzt werden. Das Fraunhofer IPT analysiert parallel dazu die Verwertungsmöglichkeiten am Markt und bereitet den Markteintritt vor.

### **Hochdurchsatz-Gewebe-Homogenisator**

Das Fraunhofer CMI entwickelt im Auftrag eines Industriepartners ein kostengünstiges, automatisiertes System zur Homogenisierung von Nahrungsmitteln und Geweben für nachfolgende DNA-Analysen. Aktuell verwenden Forscher viel Zeit und Aufwand darauf, in manuellen Prozessen reine DNA für Analysetechniken, wie beispielsweise die Polymerase-Kettenreaktion (PCR), zu gewinnen. Die Grundlage für die wissenschaftliche Arbeit bilden reproduzierbare Resultate, die durch automatisierte Systeme leichter zu erzielen sind als

The first half of the project was dedicated to the Fraunhofer IPT's development of a new technique of isolating and propagating cells that can be smoothly integrated into an automatic system. Designated functional prototypes were designed to dispense with the need for manual processing, while new dynamic and non-invasive measuring strategies as well as new quality control techniques were adapted to meet the requirements of automatic measuring technologies. A cell-culture laboratory was established to give the Fraunhofer IPT the possibility of conducting biological trials to test the prototypes. Material flow analyses and FMEA provided additional information for the design and the construction of individual system modules. In October 2009, an important milestone was reached when the "Design Freeze" provided the foundation for the construction of the system modules.

It is planned to conduct the first trial run of the complete production facility in early 2011. After that, it is hoped, the facility will produce 3D skin test systems for biocompatibility tests of the type which is required in the development of cosmetics, pharmaceuticals, medical products and chemicals. The Fraunhofer IPT is currently analysing the commercial potential of the new facility and will soon prepare a market launch.

### **High Throughput And Low Cost Automated Tissue Homogenizer**

The Fraunhofer CMI received funding from an industrial partner to develop a low cost automated system for homogenizing foodstuffs and tissues for DNA analysis. Currently, researchers spend significant time and effort to obtain purified DNA for downstream analysis by techniques such as PCR. All scientific discovery relies on reproducible results which are more likely to occur employing automated systems instead of highly variable manual methods. Current commercial instruments are expensive, only semi-automated, requiring significant manual sample processing prior to automated DNA purification. Fraunhofer CMI has developed a new instrument that is capable of quickly

## HIGHLIGHTS

durch manuelle Methoden. Am Markt erhältlich sind heute nur sehr teure und halbautomatisierbare Geräte, die noch einen hohen Aufwand für die manuelle Probenvorbereitung erfordern. Das Fraunhofer CMI hat ein neues Gerät entwickelt, mit dem sich mehrere verschiedene Gewebeproben schnell und gleichzeitig in einer Mikrotiterplatte homogenisieren lassen. Die Bedienung des Gerätes ist einfach und die Resultate sind reproduzierbar. Zusätzlich ist das Gerät einfach zu reinigen und zu sterilisieren und eignet sich für klinische Proben in verschiedenen Volumina.

### **Automatisierte Fertigung von Gefäßprothesen**

Seit Frühjahr 2009 fördert die NRW-Bank das Projekt »ProthoMat«, in dem das Fraunhofer IPT im Auftrag der NonWoTecc Medical GmbH den Aufbau einer automatisierten Produktionsanlage für die Serienfertigung groß- und kleinelumiger Gefäßprothesen wissenschaftlich und koordinierend begleitet. Anhand einer existierenden Prototypenanlage konnte der Optimierungsbedarf abgeleitet und in einem Lastenheft festgehalten werden. Das Fraunhofer IPT unterstützte das junge Unternehmen in Konstruktion und Prozessauslegung zur Erstellung des Pflichtenhefts sowie bei der Durchführung und Umsetzung einer FMEA. Aktuell arbeitet das Fraunhofer IPT an der Erstellung des Anlagen- und Prozessmanagements und bereitet eine Vorgehensweise zur Prozessoptimierung vor. Ziel der Projektkoordination ist es, auf Basis der langjährigen Erfahrung des Fraunhofer IPT in der Prozessautomatisierung die NonWoTecc Medical GmbH bei der erfolgreichen Anlagenentwicklung zu unterstützen

### **Schneller Test zur Empfindlichkeit von Bakterien gegenüber Antibiotika**

Das Fraunhofer CMI erhält für ein innovatives Forschungsprojekt im Bereich der Diagnostik eine Förderung durch das US-amerikanische National Institute of Health (NIH). Ziel des Projektes ist es, eine Detektionsmethode zu entwickeln, die

homogenizing an array of unique tissue samples directly in a microplate. The instrument requires no special training to achieve uniform, repeatable results, and is thus adaptable to semi- and fully automated equipment. Additionally, the system is easy to clean and sterilize, has adjustable speed and force to control shear and unwanted heating, and is useful for sample sizes ranging the entire breadth needed for clinical.

### **Automatic Production of Vascular Prostheses**

Since early 2009, the NRW Bank has been supporting the project "ProthoMat" for which the Fraunhofer IPT is involved in the construction and design of an automatic production facility and the industrial processes for the series production of large lumen and small lumen vascular prostheses (on behalf of NonWoTecc Medical GmbH). By means of an existing prototype the need for optimization has been deduced and noted as technical specifications. Fraunhofer IPT provides its client company with advice in how the design and construction of an existing facility for the production of prototypes and existing production processes may be improved. The idea of the project is to support NonWoTecc Medical in the development of their facilities by giving them access to the experience in process automation that the Fraunhofer IPT has acquired over many years of assisting industrial corporations in similar tasks.

### **A Quick Test of Establishing the Susceptibility of Bacteria to Antibiotic Products**

The Fraunhofer CMI has received funding from the National Institute of Health (NIH), the medical research institution of the US Department of Health, for an innovative research project in the field of diagnostics. The project aims to develop a method of detecting quickly what kind of effect an antibiotic product has on infectious pathogens (see page 124). Such a method could help to accelerate the process of developing an appropriate strategy for combating infections, particularly in the light of increased instances of antibiotic resistance.



sehr schnell Informationen über die Wirksamkeit von Antibiotika auf Infektionserreger liefert (siehe Seite 124). Besonders vor dem Hintergrund des verstärkten Auftretens von Antibiotika-Resistenzen, bieten diese Untersuchungen ein wichtiges Hilfsmittel zur beschleunigten Auswahl einer wirksamen Antibiotikatherapie.

#### **Automatisierte Wirkstoffproduktion in Tabakpflanzen**

Ein zweites interdisziplinäres Kooperationsprojekt, das ebenfalls von der Fraunhofer-Zukunftsstiftung gefördert wird, startete im Jahr 2009 mit dem Ziel, eine automatisierte Produktionsanlage für die biotechnologische Herstellung von Biopharmazeutika, etwa von Impfstoffen, in Tabakpflanzen zu entwickeln. Aufgaben des Fraunhofer IPT sind hier die Auslegung, die Konstruktion und der Aufbau eines hochmodernen Gewächshauses für die kontrollierte und optimierte Kultivierung der Tabakpflanzen. Die Entwicklung umfasst die Umsetzung spezieller Prototypen zur Auslegung von Produktionsprozessen wie Aussaat und Ernte sowie für die Mess- und Regelungstechnik zur Aufzucht der Pflanzen. Durch gleichbleibende Bedingungen bei der Bewässerung, Beleuchtung und weiteren Parametern soll eine konstante Qualität der gezüchteten Pflanzen und der in ihnen enthaltenen Wirkstoffe sichergestellt werden.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. (FH) Ulrike Koropp  
Telefon/Phone +49 241 8904-139  
ulrike.koropp@ipt.fraunhofer.de

#### **The Automated Production of Active Ingredients in Tobacco Plants**

A second interdisciplinary joint venture which is also funded by the Fraunhofer Future Foundation started in 2009 and aims to develop an automated facility for the biotechnological production of biopharmaceuticals – such as vaccines – in tobacco plants. The Fraunhofer IPT has been commissioned to design and construct a high-tech greenhouse where such plants can be raised. As part of this assignment, the Fraunhofer IPT will also develop prototypes for certain production processes such as sowing and harvesting as well as for measuring and control procedures required for the systematic cultivation of the plants. The idea is to ensure consistent quality levels of the cultivated plants and their active ingredients by providing consistent levels of irrigation, lighting and a range of other key conditions.



# INTEGRATIVE PRODUKTIONSTECHNIK FÜR ENERGIEEFFIZIENTE TURBOMASCHINEN – TURPRO

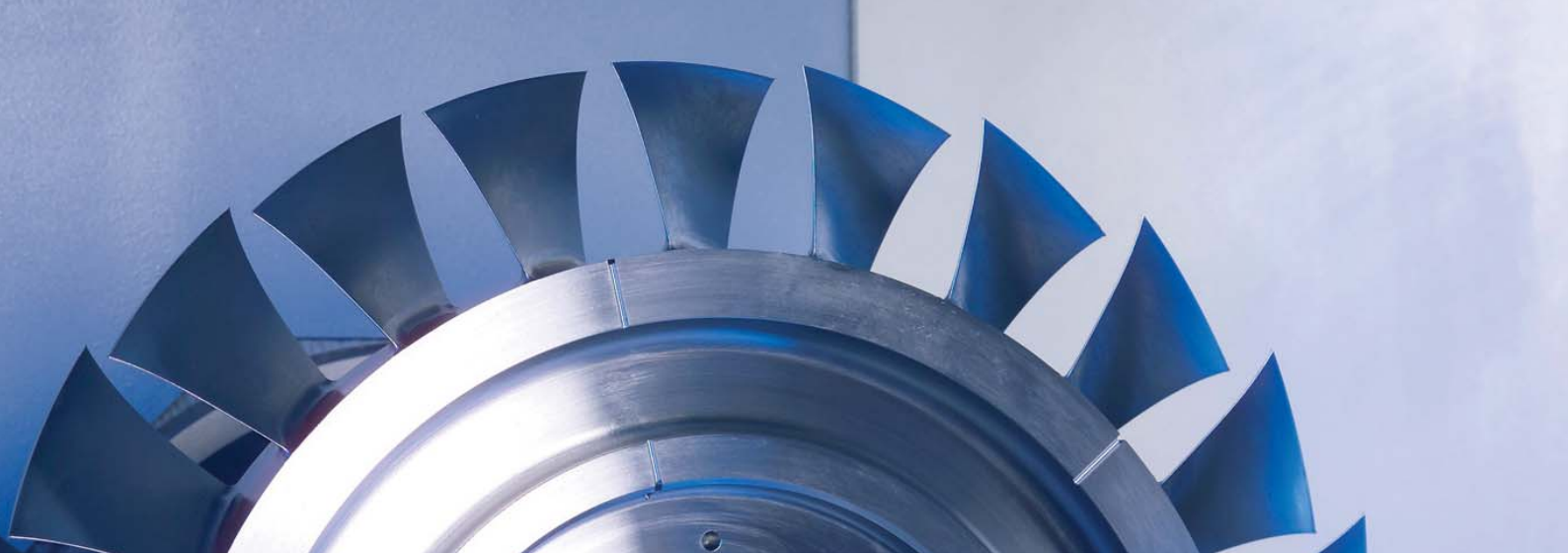
## INTEGRATIVE PRODUCTION TECHNOLOGY FOR ENERGY-EFFICIENT TURBO ENGINES – TURPRO

Turbomaschinen in Kraftwerken und in Flugtriebwerken müssen extreme Belastungen aushalten und dabei zuverlässig funktionieren. Ihre Fertigung und Instandhaltung ist jedoch mit hohen Kosten verbunden und sehr aufwändig. Das Fraunhofer IPT arbeitet deshalb gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und elf namhaften Industriepartnern im Fraunhofer-Innovationscluster »TurPro« an neuen Technologien und Prozessen für die Fertigung und Instandhaltung energieeffizienter Turbomaschinen.

Durch neue Bearbeitungsverfahren lassen sich die Komponenten von Turbomaschinen leichter und robuster gestalten und reparieren, so dass im späteren Einsatz Energie und Kosten gespart werden. Die Partner im Fraunhofer-Innovationscluster »TurPro« entwickeln dafür komplexe Zerspan- und Laserverfahren weiter und passen sie an neue, besonders geeignete Werkstoffe an. Ziel ist es, Bearbeitungszeiten zu verkürzen, Prozessstabilität zu vergrößern, die Präzision der oft sicherheitskritischen Bauteile zu verbessern und Kosten zu senken. Dazu entwerfen die Mitglieder des Innovationsclusters in interdisziplinärer Zusammenarbeit neue, integrative Prozessketten – von mechanischen Fertigungsverfahren und generativer Laserfertigungstechnik über CAX-Technologien, Werkstofftechnik, optische Sensorik bis hin zur Werkzeug-, Maschinen- und Anlagentechnik.

Turbo engines in power stations and aircrafts must be able to work reliably under extremely high mechanical load. This is one reason why so much effort and expense is needed to produce them and to keep them in good working order. The Fraunhofer IPT is currently developing new technologies and processes for the production and repair of energy-efficient turbo engines as part of the "TurPro" Fraunhofer Innovation Cluster which also includes the Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT and eleven renowned industrial corporations.

New processing techniques have made it possible to design light yet robust turbo engine components that provide easier access for repairs, allowing their operators to save time and energy. The industrial partners of the Fraunhofer Innovation Cluster "TurPro" are taking these complex machining and laser processing techniques one step further, adapting them to the use of new and particularly suitable materials. The aim is to shorten processing times and to cut costs while increasing the levels of process stability and precision. In focus are components which are critical for the safety of the engines and therefore demand sophisticated repair and manufacturing processes. For this purpose, the members of the Innovation Cluster have joined forces to design new integrative process chains that feature mechanical production processes and additive laser manufacturing techniques as well as CAX



Die Industriepartner im Fraunhofer-Innovationscluster »TurPro« sind Hersteller von Kraftwerkstechnik, Luftfahrtunternehmen, Zulieferer und Technologielieferanten aus Nordrhein-Westfalen, Hessen und Bayern. In einem Zeitraum von drei Jahren wird das Netzwerk mit insgesamt 10,25 Mio Euro vom Land Nordrhein-Westfalen, der Fraunhofer-Gesellschaft und den Unternehmen finanziert.

Der Fraunhofer-Innovationscluster »TurPro« ist in zwei so genannte »Stages« gegliedert: Ziel der ersten Komponente, Stage 1, ist es, in Form von fünf Technologieclustern eine Produktionsumgebung zu schaffen, die Einzeltechnologien und Kompetenzen entwickelt und zu durchgängigen, integrativen Lösungen verknüpft. Neue Werkstoffe müssen hinsichtlich ihrer Bearbeitungsfähigkeit untersucht und Designkonzepte auf Herstellbarkeit und -kosten geprüft werden. Da es sich hier um Spitzentechnologie handelt, sind die Bauteile von sehr hohem Wert. Um effizient und kostengünstig fertigen zu können, fordern die Turbinenhersteller und -zulieferer leistungsfähige und gleichzeitig stabile Prozesse.

Die zweite Komponente, Stage 2, dient dazu, die Innovationen für energieeffiziente Turbomaschinen in Zukunft deutlich schneller zur Marktreife zu führen. Das Partnernetzwerk muss sich dazu zu einem echten Kompetenznetzwerk erweitern. Eine transparente Kommunikation der Partner im Netzwerk bildet die Basis, um zukünftige Produkthanforderungen und Fertigungstechnologien optimal miteinander abzugleichen. Verschiedene Methoden aus dem Technologiemanagement helfen dabei, frühzeitig geeignete Maßnahmen zu identifizieren.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Martin Witty  
Telefon/Phone +49 241 8904-428  
martin.witty@ipt.fraunhofer.de

technologies, material engineering, optical sensors, tooling technology and systems engineering.

The industrial partners of the Fraunhofer Innovation Cluster "TurPro" include manufacturers of power station equipment, aerospace companies, suppliers and technology providers from the Länder North Rhine-Westphalia, Hesse and Bavaria. Over a period of three years, the network will receive € 10.25 million in funds from the Land North Rhine-Westphalia, the Fraunhofer-Gesellschaft and the individual corporations.

The Fraunhofer Innovation Cluster "TurPro" has been subdivided into two stages: in stage 1, five technology clusters will be established to create an industrial environment for the development of individual technologies and skills, cross-linking them to form integrated solutions. The suitability of various new materials for different processes will be analyzed, and design concepts will be subjected to comprehensive feasibility and efficiency tests. The high-end and high-tech components represent a considerable value. The manufacturers of turbines and their suppliers require highly effective and stable processes so they can manufacture high value products at competitive prices.

In Stage 2, strategies will be devised to shorten the development times and the time-to-market for energy-efficient turbo engines considerably. For this purpose, the cooperation network must be upgraded to become a proper competence network. Transparent communications of the network partners will provide the foundation for the perfect alignment of manufacturing technologies and future product requirements. Several technology management techniques will be used early on to identify suitable strategies.

# POLIEREN UND STRUKTURIEREN: DESIGNOBERFLÄCHEN IM WERKZEUGBAU

## POLISHING AND STRUCTURING: DESIGN SURFACES IN TOOL MAKING

Ob Schalterelement oder Armaturenbrett – viele Produkte, vor allem für die Automobilindustrie, werden aus Kunststoffen hergestellt. Je nach späterem Anwendungsgebiet müssen sie visuellen Ansprüchen genügen oder haptische und optische Funktionen gewährleisten. Spritzgießwerkzeuge mit entsprechenden Oberflächen dienen dazu, solche hochwertigen Kunststoffbauteile kostengünstig und reproduzierbar in großen Stückzahlen zu produzieren.

### Hochglänzende, frei geformte Werkzeugoberflächen

Besonders glatte oder sogar hochglänzende Oberflächen lassen sich auf frei geformten Werkzeugoberflächen zurzeit nur von erfahrenen Mitarbeitern durch zeitintensives manuelles Schleifen und Polieren erzeugen. Das Ergebnis hängt dabei stark von der Erfahrung des Mitarbeiters ab und ist oft nur schwer reproduzierbar. Um unabhängig von persönlichen Fähigkeiten reproduzierbare Polierergebnisse zu erhalten, arbeitet das Fraunhofer IPT zusammen mit neun weiteren Partnern im BMWi-geförderten InnoNet-Projekt »MoldFinish« (Förderkennzeichen: IN-5570) an einer automatisierten Polierzelle, die möglichst viele verschiedene Geometrien schleifen und polieren kann.

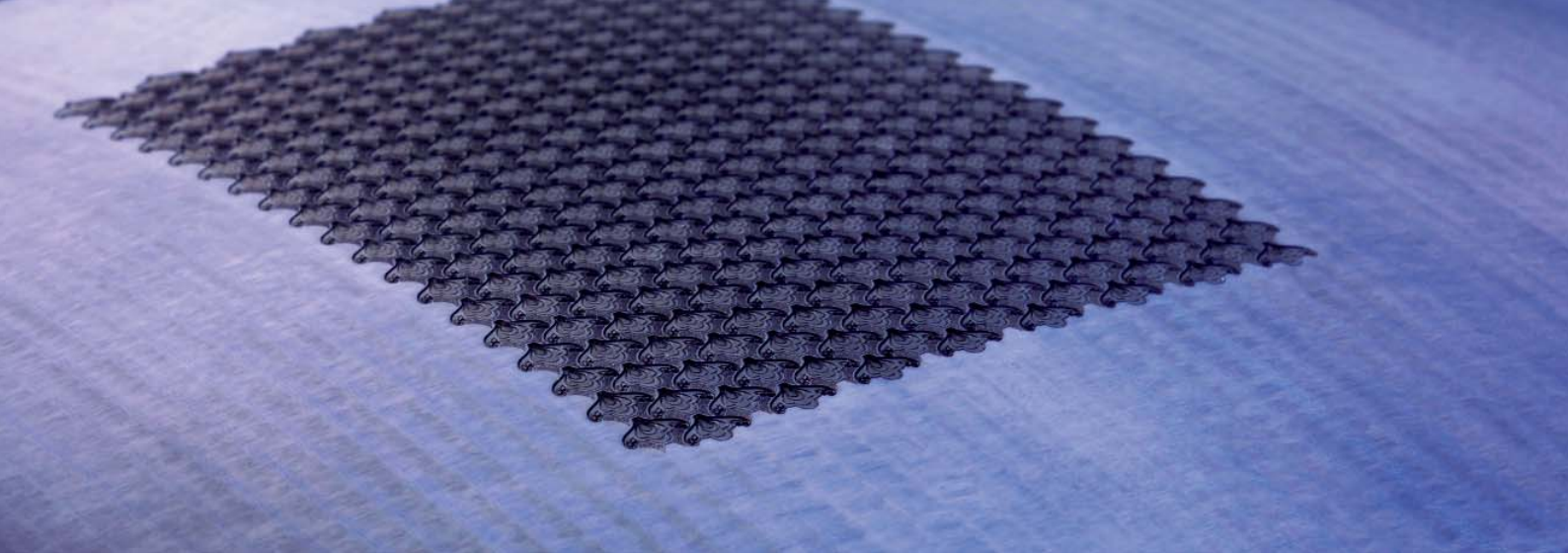
Die Basis für den automatisierten Polierprozess bildet ein Knickarmroboter, in den eine axial zustellbare Polierspindel integriert ist. Neue Polierwerkzeuge, deren Oberflächen durch eine Gummimembran eine konstante Druckverteilung auf das Werkstück ausüben, gewährleisten besonders konstante

Switch components as well as switchboards and many other products besides – particularly in the automotive industry – are made from plastic materials. Depending on their ultimate application, they must be attractive in appearance or meet a specific haptic or optical purpose. Injection molding tools can produce these high-quality plastic components cost-effectively and with high levels of reproducibility in large quantities – but to do this, they require specially designed surfaces.

### High-gloss, free-formed tool surfaces

Specifically smooth or even glossy finishes on free-formed tool surfaces currently require time-consuming manual grinding and polishing processes – which, on top of that, can only be performed by highly experienced professionals. Even then, results vary – according to the skills of the person who has performed the job – and are, at any rate, not reliably reproducible. The Fraunhofer IPT is currently attempting to develop a technique that guarantees reproducible polishing results that do not depend on individual skills, cooperating with nine partners in the InnoNet project "MoldFinish" and supported by the German Federal Ministry of Economics and Technology (BMDW) (contract number: IN-5570), to design an automatic polishing cell capable of grinding and polishing a large variety of geometries.

The basic element of the automatic polishing process is an articulated robot with an integrated polishing spindle that is equipped with an axial feeding mechanism. New polishing



Bearbeitungsbedingungen. Der Polierprozess wird über ein CAD/CAM-Modul gesteuert. Dies bietet den Vorteil, dass die Bahnen und Parameter analog zum Fräsen auf frei geformten Flächen programmiert und eingestellt werden können. Ziel ist es, die einzelnen Prozessschritte, die für plane Geometrien bereits bekannt sind, auf frei geformte Oberflächen zu übertragen.

### **Komplexe Oberflächendesigns durch Laserstrukturieren**

Um Werkzeuge mit komplex strukturierten Oberflächen schneller, kostengünstiger und reproduzierbar herzustellen, entwickelte das Fraunhofer IPT das Laserstrahlstrukturieren von Oberflächen. Ziel des BMWi-geförderten InnoNet-Projekts »QualiStruk3D« (Förderkennzeichen: IN-7519) ist es, 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 optimiert das Fraunhofer IPT die Datengenerierung für die Bearbeitung, indem die Datenmenge verringert wird. Anhand neuer Bearbeitungsstrategien lassen sich dann selbst großflächige Bauteile mit hochgenauen, nahtlosen und abbildungstreuen Strukturen versehen.

### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Kristian Arntz  
Telefon/Phone +49 241 8904-121  
kristian.arntz@ipt.fraunhofer.de

tools with surfaces that apply (via a rubber membrane) a constant pressure distribution on the workpiece ensure particularly steady processing conditions. The polishing process is controlled by a CAD/CAM module. This has the advantage that the tracks and parameters can be programmed and configured, in an analogy to the milling process, on free-formed surfaces. The eventual objective is to find ways of converting the individual process steps – which are already known for flat geometries – on free-formed surfaces.

### **Complex surface designs through laser structuring**

In order to allow manufacturers to produce tools with complex structured surfaces more quickly, cost-effectively and reproducibly, the Fraunhofer IPT developed the technique of surface laser structuring. The InnoNet project "QualiStruk3D", supported by the German Federal Ministry of Economics and Technology (contract number: IN-7519), aims to improve this efficient manufacturing technology even further, adapting it to ever more demanding quality requirements. Eleven partners from industry and research inform this project with their practical manufacturing experiences and ensure the eventual implementability of the research results.

On the basis of the previous project "FlexOStruk", the Fraunhofer IPT is using the current project to develop the process knowledge about the potential and limitations of different laser beam sources. The Fraunhofer IPT is also optimizing the data generation for the processing by reducing the data volume. New processing strategies will then allow the application of high-precision, seamless and accurate structures even on large-surface components.

# ENERGIEEFFIZIENTE BELEUCHTUNG – HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE MIKRO- TECHNIK

## ENERGY-EFFICIENT LIGHTING – A CHALLENGE FOR MICRITECHNOLOGY

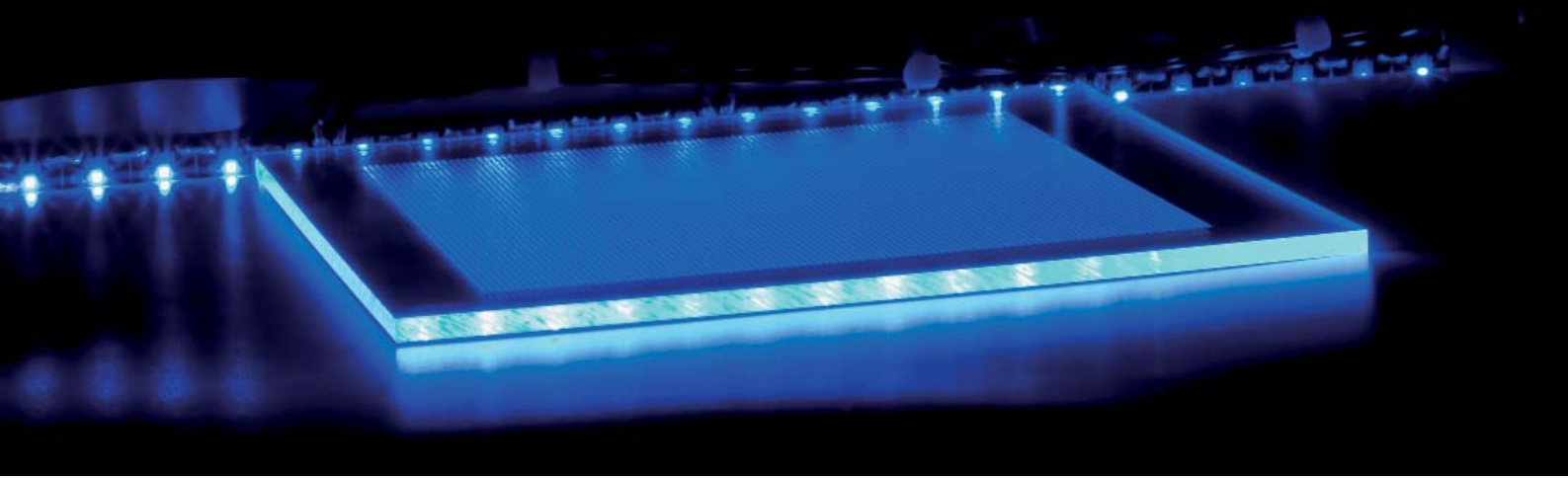
Die stetige Weiterentwicklung lichtemittierender Dioden (LED) hat in den vergangenen Jahren leistungsfähige, ressourcenschonende Lichtquellen hervorgebracht. Der Einsatz solcher Lichtquellen beschränkt sich bisher jedoch auf wenige Anwendungen, obwohl die Vorzüge hinsichtlich Energieeffizienz und Lebensdauer durchaus bekannt sind. Das Fraunhofer IPT entwickelt ein Verfahren und ein Maschinensystem zur kostengünstigen Produktion flächiger Optiken, die in Zukunft zur Verbreitung der LED-Beleuchtungstechnik beitragen wird.

Strukturierte, flächige Lichtleiter besitzen als Optiken für die Beleuchtungstechnik und als Hintergrundbeleuchtung für LCDs optimale Eigenschaften. Die optische Funktionalität stellen dabei komplexe, dreidimensionale Mikrostrukturen sicher. Die Herstellung großflächiger Bauteile, in deren Oberfläche solche Strukturen mit Abmessungen von wenigen tausendstel Millimetern eingebracht werden, stellt die Produktionstechnik jedoch vor bislang unlösbare Probleme. Die flexible Mikrostrukturierung durch mehrschrittige Heißprägeverfahren bietet nun die Chance, die fertigungstechnischen Defizite der bisherigen Verfahren zu beseitigen: Im Forschungsprojekt »FlexPAET«, das von der Europäischen Union im 7. Rahmenprogramm gefördert wird, entwickelt das Fraunhofer IPT ein Verfahren zum adaptiven, mehrschrittigen Heißprägen und bindet die Technologie in eine Prozesskette zur kostengünstigen Herstellung flächiger Beleuchtungsoptiken ein.

The further development of light-emitting diodes (LEDs) has led to efficient, resource-saving light sources during the last years. The use of such light sources, however, has so far been restricted to only a few applications, although the advantages with regard to energy-efficiency and durability are well known. Within the context of the research project "FlexPAET", the Fraunhofer IPT is currently developing processes and equipment that will allow the cost-effective production of flat optics, paving the way for an even wider use of LED technology in the future.

Structured and planar light guidance systems are ideally suited to serve as optical components for lighting and backlight technology, with complex and 3-dimensional microstructures ensuring high levels of visual functionality. The production of large-components with microstructured surfaces, however, has so far posed a serious problem to the industrial production process engineers. The new technique of flexible microstructuring with step-and-repeat hot embossing processes now appears capable of providing a solution. Within the context of the research project "FlexPAET", the Fraunhofer IPT is developing an adaptive hot embossing process, integrating the technology into a process chain of a cost-effective production of planar lighting optics. The project is funded by the European Commission through the 7<sup>th</sup> framework programme.





Der Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten liegt im Aufbau eines Maschinensystems, das die Struktur komplexer Mikrowerkzeuge gezielt in ein thermoplastisches Bauteil abprägt. Im Gegensatz zum herkömmlichen Heißprägevorgang werden einzelne Strukturelemente auf einer Oberfläche modular kombiniert. Auf Flächen bis zu 1 x 2 m<sup>2</sup> lassen sich mit dem Maschinensystem Mikrostrukturen mit einer Positioniergenauigkeit von 2 µm einbringen. Hinsichtlich der Flexibilität und Geschwindigkeit ergeben sich so ungekannte Möglichkeiten für die Herstellung optisch funktionalisierter Oberflächen.

Die optische Funktion des geprägten Bauteils wird mit integrierter Messtechnik direkt im Maschinensystem untersucht. So lassen sich Fehler im optischen Design direkt in der Maschine feststellen. Ein Algorithmus vergleicht die optische Funktion des geprägten Bauteils mit den Werten, die für die Komponente gefordert sind. Auf diese Weise identifiziert das System die Positionen auf der Oberfläche, an denen die Strukturierung nachgebessert werden muss. Der Optimierungsvorgang wird so lange fortgesetzt, bis die gemessenen optischen Eigenschaften den geforderten Spezifikationen entsprechen.

Das Fraunhofer IPT bindet das Verfahren in eine Prozesskette zur massentauglichen Replikation ein: Analog zur Vorgehensweise in der CD- und DVD-Produktion werden vom geprägten Bauteil durch galvanische Abformung Formwerkzeuge erstellt, die in Massenproduktionsverfahren wie dem Spritzguss eine kostengünstige Herstellung qualitativ hochwertiger Optiken erlauben.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Christoph Baum  
 Telefon/Phone +49 241 8904-400  
[christoph.baum@ipt.fraunhofer.de](mailto:christoph.baum@ipt.fraunhofer.de)

The main focus of the research project is put on the development of a machine system which systematically imprints the structure of complex micro-tools into a thermoplastic component. In contrast to the conventional process of hot embossing, individual structural elements are combined one-by-one on a single surface. The machine can provide surfaces of up to 1 x 2 m<sup>2</sup> with imprinted microstructures, guaranteeing a positioning accuracy of 2 µm. This creates boundless opportunities for the production of visually functionalized surfaces in terms of flexibility and speed.

The optical function of the embossed component is measured directly in the machine system by means of integrated metrology. Errors in the optical design can therefore be detected directly on the machine. An algorithm compares the optical function of the embossed component with the required values. In this manner, the system identifies those positions on the surface where the structure has to be improved. The optimization process will be continued until the measured optical properties correspond to the required specifications.

The process is part of a replication process chain that is suitable for mass production. Similar to the approach of CD and DVD production, form tools will be produced out of the embossed component by means of galvanic electroforming processes, enabling the cost-efficient production of high quality optics.

# PROZESSKETTEN FÜR DIE OPTIKFERTIGUNG PROCESS CHAINS IN OPTICAL COMPONENTS MANUFACTURING

In den vergangenen Jahren hat das Fraunhofer IPT einen entscheidenden Beitrag dazu geleistet, die Fertigungstechnologien für optische Komponenten deutlich zu verbessern. Ein wichtiges Kriterium für eine erfolgreiche Produktion komplexer Optiken und optischer Systeme ist eine äußerst flexible Prozesskette. Das Fraunhofer IPT beherrscht heute die vollständige Herstellung von Glas- oder Kunststoffoptiken durch präzise Replikation ebenso wie die Einzelanfertigung von Prototypen aus unterschiedlichen Materialien.

## **Glasoptik – Eine ganzheitliche Prozesskette**

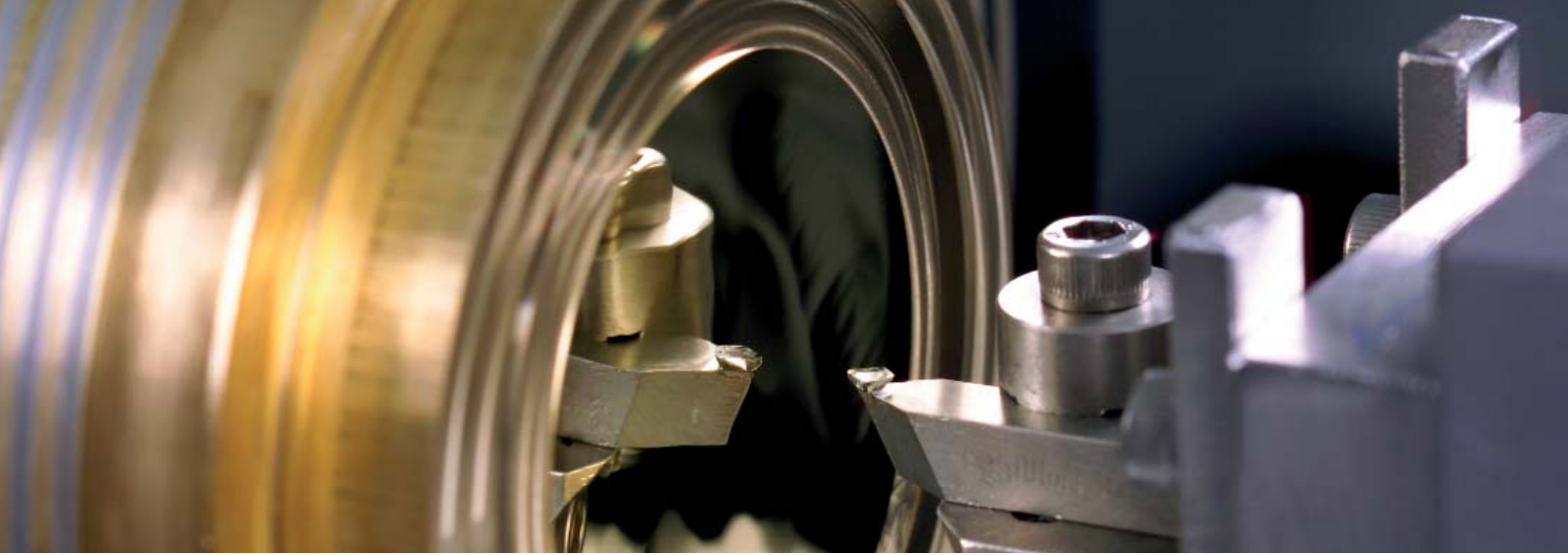
In der replikativen Fertigung hochpräziser Glasoptiken durch das Verfahren des Präzisionsblankpressens hat das Fraunhofer IPT in der Vergangenheit umfassende Erfahrungen sammeln können und führt diese Entwicklungen auch heute weiter fort. Auf der Grundlage einer FEM-Prozesssimulation wird zunächst das Glasschrumpfungsverhalten simuliert und die Form und Geometrie des gewünschten Formwerkzeugs bestimmt. Eigene CAD/CAM-Schnittstellen unterstützen im folgenden Prozessschritt das Ultrapräzisionsschleifen bei der Fertigung der optimierten Formwerkzeuge. Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Beschichtungstechnik erlauben es, die Standzeit der Werkzeuge zu verlängern und einen zuverlässigen Abformprozess zu gewährleisten. Im abschließenden Abformschritt werden zielgerichtet die exakten Pressparameter identifiziert, um eine Fertigung der Glasoptik »nach Maß« zu gewährleisten.

Over the past few years, the Fraunhofer IPT has made major contributions to significant improvements in the manufacturing technologies for optical components. One key condition for the successful production of complex optical elements and systems is an extremely flexible process chain. The Fraunhofer IPT has mastered the integrated precision replication of glass and plastic lenses and the individual production of prototypes from different materials.

## **Glass lenses – An integrated process chain**

In the past, the Fraunhofer IPT acquired substantial experience in the replicative manufacturing of high-precision glass lenses through precision glass molding – experience it is using today as a foundation for the development of innovative techniques. On the basis of a FEM simulation, we start by simulating the shrinking behavior of the glass and determine the desired shape and the geometry of the mold. In the subsequent process stage, dedicated CAD/CAM interfaces support the ultraprecision grinding during the production of the optimized molds. Recent research from the field of coating technology have taught us how to extend the service life of the tool and to ensure a reliable molding process. In the final molding step, the exact parameters required to manufacture a precisely customized optical glass element are identified.





### **Kunststoffoptik – Präzision in hohen Stückzahlen**

Die besonderen Vorteile von Kunststoffoptiken gegenüber Optiken aus Glas sind ihr geringes Gewicht und die Möglichkeit, nahezu beliebige Geometrien mit optischen Freiformflächen und Justagestrukturen kostengünstig durch Spritzgießen oder -prägen zu fertigen. Der Preis für diese Designfreiheit ist jedoch recht hoch, denn es gilt die systembedingte Materialschwindung zu berücksichtigen und zu kompensieren. Anders als bei Glasoptiken lässt sich dies für komplexe Freiformoptiken nicht vorab simulieren. Die Materialschwindung kann daher nur iterativ reduziert werden. Dazu wird die Geometrie fertiger Kunststofflinsen gemessen und mit der Sollgeometrie verglichen. Im zweiten Schritt entsteht ein Formeinsatz, der exakt um diese Abweichungen korrigiert wurde. So lassen sich auch komplexe, dickwandige Geometrien herstellen, die auf wenige Mikrometer genau tausendfach repliziert werden können.

Mit dem Ziel, Glas- und Kunststoffoptiken replikativ mit höchster Formtreue herzustellen, hat das Fraunhofer IPT eine ideale Plattform geschaffen, auch zukünftige maschinen- und prozesstechnologische Entwicklungen entlang der aufgezeigten Prozessketten weiter voranzubringen. Die Replikation von Wafer-level-Optiken aus Glas und funktionsintegrierten Freiformoptiken aus Kunststoff bilden dabei nur zwei Eckpfeiler der laufenden Entwicklungen.

### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Martin Hüntten  
Telefon/Phone +49 241 8904-497  
martin.huenten@ipt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Christian Buß  
Telefon/Phone +49 241 8904-166  
christian.buss@ipt.fraunhofer.de

### **Plastic lenses – Precision in large quantities**

Plastic optical elements are lighter than those made from glass. It is also possible to produce virtually any geometry with optical free form surfaces and adjustment structures cost-effectively using techniques such as injection molding and injection compression molding. But there are drawbacks, too: the system-related material loss must be taken into account and compensated while it is not possible, in contrast to optical glass elements, to simulate this process beforehand for complex freeform elements. The material loss can therefore be reduced in iterative steps only. For this purpose, the Fraunhofer IPT measures and compares the actual geometry of finished plastic lenses with the target geometry. In a second step, a mold insert is created which has been corrected by exactly these deviations. This technique enables the production of complex, thick-walled geometries which can then be accurately (i.e. in the micrometer range) replicated thousands of times.

Under its objective of replicating optical elements made from glass or plastics with the highest levels of accuracy, the Fraunhofer IPT has created the perfect platform for future developments in machine and process technology and for future optimizations of the aforementioned process chains. The replication of wafer-level optical components made from glass and of functionally integrated free-form plastic components are only two pillars of the ongoing developments.

# INNOVATIVE PROZESSKETTENOPTIMIERUNG IN DER METALLHERSTELLUNG

## INNOVATIVE OPTIMIZATION OF PROCESS CHAINS IN METAL MANUFACTURING

Die Optimierung technischer Prozesse anhand klassischer Werkzeuge wie dem »Design of Experience« (DOE) und der Statistischen Prozessregelung stößt bei komplexen Systemen immer öfter an ihre Grenzen. Durch den Einsatz neuer Methoden konnte das Fraunhofer IPT eine verfahrenstechnische Anlage zur Metallherstellung bei der H. C. Starck GmbH deutlich verbessern.

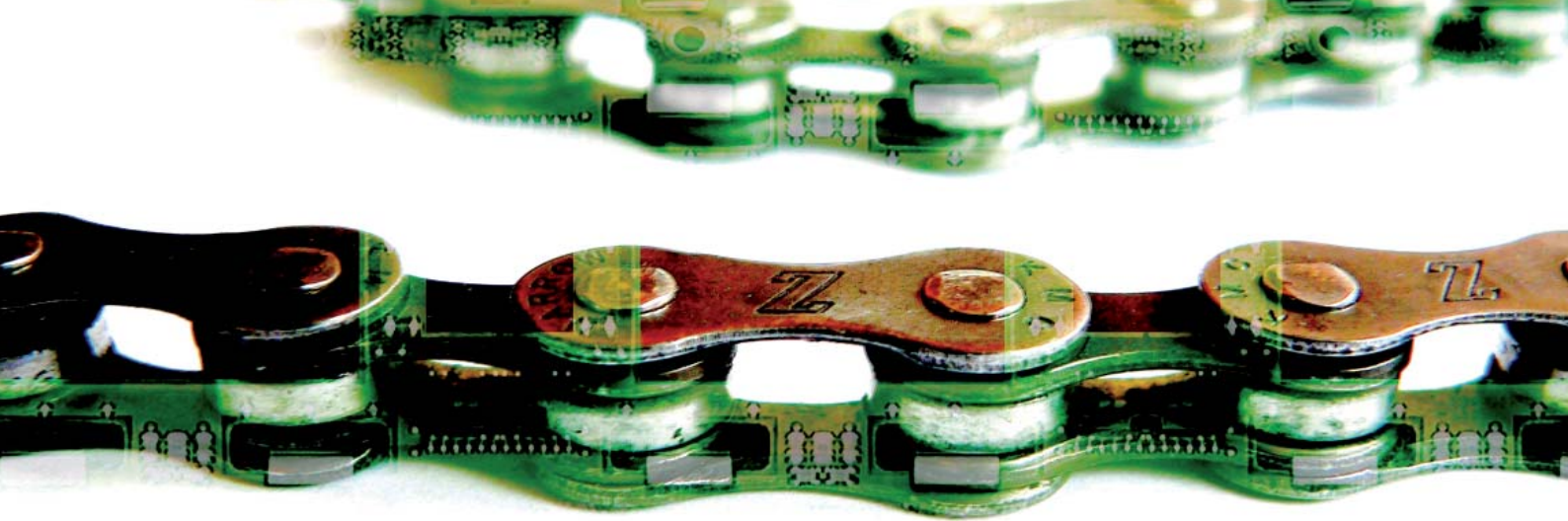
Die H. C. Starck Gruppe stellt an verschiedenen Standorten ein breites Produktsortiment an Refraktärmetallen, keramischen Pulvern und elektrisch leitfähigen Polymeren her. Um seine Wettbewerbsfähigkeit auch langfristig zu sichern, investiert H. C. Starck laufend in die Optimierung und Weiterentwicklung seiner Verfahren und Anlagen. Zwar verfügen die verantwortlichen Mitarbeiter über langjährige verfahrenstechnische Erfahrung, doch die Praxis birgt immer wieder neue Herausforderungen: Die hohe Zahl an Eingangs- und Störgrößen und das enorme Datenaufkommen bei der messtechnischen Erfassung des Prozessverlaufs führen bei vielen Produktionsanlagen oft zum Scheitern klassischer Optimierungsansätze wie DOE.

Ziel des gemeinsamen Projekts von Fraunhofer IPT und H. C. Starck war es, am Beispiel einer besonders herausfordernden Anlage mit einem neuen Optimierungsansatz die Anlagenverfügbarkeit und Produktqualität deutlich zu verbessern. Anhand der Methode der Innovativen Prozess-

Common optimization tools such as the Design of Experience (DOE) and the Statistical Process Control often reach their limits in complex systems. Innovative techniques, however, provide new opportunities – in cooperation with H. C. Starck GmbH, Fraunhofer IPT has achieved extensive improvements on a machine for metal production.

H. C. Starck produces a wide range of refractory metals, ceramic dry chemicals as well as conductive polymers at different operating sites. H. C. Starck continuously invests into the optimization and improvement of its operations and systems in order to remain competitive. This means that even the most highly skilled and experienced employees are engaged in a process of lifelong learning. In many production facilities, the large number of input and disturbance variables and the huge amounts of data generated by the metrological recording of a process simply overwhelm conventional optimization tools such as the DOE.

With their joint project, the Fraunhofer IPT and H. C. Starck set out to reach so far unachievable levels of equipment availability and product quality by using a new approach to improve an extraordinarily challenging system. Applying the new method of Innovative Process Chain Optimization (IPO), the objective was to identify critical weaknesses of the machine and to develop adequate solutions of eliminating them.



kettenoptimierung (IPO) sollte ein gemeinsames Projektteam die entscheidenden Schwachstellen der Anlage systematisch ermitteln und durch geeignete Lösungen beheben.

Die Grundlage der IPO-Systematik bildet ein Vorgehensmodell, das auf dem bekannten DMAIC-Zyklus basiert. Ein interdisziplinärer Werkzeugkasten, in dem konventionelle und neue Methoden der Prozessanalyse und -optimierung integriert sind, unterstützt den Anwender beim Einsatz der Methodik. Zur Anwendung kommen vor allem die Werkzeuge der »Wertstrommethode«, der »Theorie des erfinderischen Problemlösens« (TRIZ) und der »Theory of Constraints« (TOC).

Die Ergebnisse des gemeinsamen Projekts befähigten die Mitarbeiter von H. C. Starck dazu, die Systematik selbstständig anzuwenden und die wichtigen Schwachstellen der Anlage zu ermitteln. Indem die Mitarbeiter selbst die wichtigsten Ursache-Wirkungs-Beziehungen ausarbeiten konnten, erlangten sie ein umfassenderes Verständnis von der Funktionsweise der Anlage. Mit den eingesetzten TRIZ-Werkzeugen erarbeiteten sie zusammen mit dem Fraunhofer IPT 13 neue Lösungen für die technische Optimierung der Anlage. Eine der Lösungs-ideen wird nun voraussichtlich zum Patent angemeldet.

#### **Kontakt/Contact**

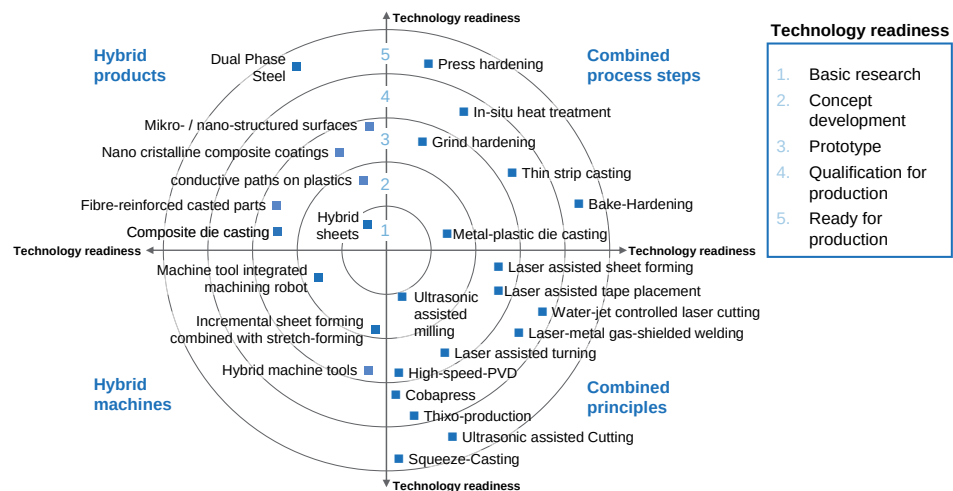
Dipl.-Ing. Simon Frischemeier M. Eng.  
Telefon/Phone +49 241 8904-416  
simon.frischemeier@ipt.fraunhofer.de

The IPO technique is based on the well-known DMAIC-cycle. IPO's major advantage is an interdisciplinary tool kit, in which conventional and novel methods of analyzing processes are integrated. These methods include the tools of the "Value Stream Mapping-method", the "Theory of Inventor's Problem Solving (TRIZ)" and the "Theory of Constraints (TOC)".

The project enabled the H. C. Starck employees to independently apply IPO. Important weaknesses of the machine and essential causal relations were identified, sharpening the understanding of the machine's functionality. Through the help of TRIZ's tools, 13 novel solutions for the technical optimization of the system were discovered, one of which is considered for patent application.

The main objective of the Cluster of Excellence “Integrative Production Technology for High Wage Countries”, funded by the German Research Foundation, is to find ways of optimizing production engineering processes to the point where production in high-wage countries remains a commercially viable option. In four of the 18 sub-projects, the Fraunhofer IPT develops future production technologies together with 19 professors of material and production engineering of the RWTH and several other institutes.





Für die vier Forschungsfelder des Exzellenzclusters – die individualisierte, die virtuelle, die hybride und die selbstoptimierende Produktion – erarbeiten die Partner im Teilprojekt »Technologie-Roadmapping« Roadmaps und Radare. Es gilt, sowohl clusterinterne als auch -externe Technologien aufzuzeigen und in zeitlich logische Sequenzen zu überführen, um Transparenz über zukünftige technologische Entwicklungen zu schaffen. Aus den erwarteten technologischen Entwicklungen lassen sich Forschungsaufgaben ableiten, die eine strategische Ausrichtung des Exzellenzclusters auf relevante Fragen der Produktionstechnik sicherstellen.

Ein Beispiel für erste Ergebnisse des Exzellenzclusters bietet der Technologie-Radar für die hybride Produktionstechnik: Vier Sektoren des Radars repräsentieren unterschiedliche Ansätze der Hybridisierung von Produkten und Fertigungsverfahren. Die hybriden Technologien lassen sich im Radar entsprechend ihrer Technologiereife einordnen – am Anfang steht die Grundlagenforschung, am Ende die Serienreife der Technologie. Die einzelnen Technologien werden in Steckbriefen hinsichtlich technologischer, wirtschaftlicher und forschungsseitiger Aspekte detailliert beschrieben.

Within the sub-project "Technology Roadmapping", roadmaps are created for the four main fields of research of the Cluster of Excellence, namely the individualized, virtual, hybrid and self-optimizing forms of production. Internal as well as external technological developments are identified and aligned according to development milestones to increase the transparency of the development process. Furthermore, future research tasks can be derived from the roadmap to place the cluster's research focus on relevant topics of production technology.

One example for first results of the Cluster of Excellence is a "technology radar" for hybrid production technologies: Each of the radar's four sectors represents a different approach to the hybridization of products or production technologies. The radar shows how far the individual hybrid technologies have progressed from the basic research stage to the point where they are ready for production. Brief descriptions of all technologies provide more detailed technological, economical and research-related information.



## HIGHLIGHTS

Ziel des Teilprojekts »Virtuelle Produktionssysteme« ist ein verringerter zeitlicher Aufwand zum Einfahren neuer Fräsprozesse für komplexe Bauteile. Dazu dient der Aufbau einer integrierten Kette aus spezialisierten Systemen, die die Prozessplanungszeiten drastisch senken kann. Die Kopplung der zu entwickelnden Modelle erfolgt über ein CAX-Framework. Dies bildet eine Plattform für die ganzheitliche Simulation von Werkzeugmaschinen- und Fertigungsprozessen, die alle NC-Planungsfunktionalitäten einbezieht.

Anhand der Prozessmodellierung lässt sich eine Kraftvorhersage für komplexe, mehrachsige Prozesse treffen, die die Bewegungsführung, die Aufmaßsituation sowie den Maschinen- und Steuerungseinfluss berücksichtigt. Die wissenschaftliche Herausforderung besteht darin, geeignete Modellierungsansätze zur Berechnung der Eingriffssituation zu erstellen, die eine hohe Vorhersagequalität in vertretbarer Rechenzeit bieten.

Mit dem »Cognitive Tolerance Matching« (CTM) entwickelt das Fraunhofer IPT gemeinsam mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen und der BMW Group einen Ansatz, um Produktionsprozesse anhand kognitiver Technologien zu optimieren. Im Mittelpunkt stehen komplexe Prozesse mit einer sehr hohen Anzahl innerer Abhängigkeiten, bei denen klassische Methoden zur Prozessoptimierung an ihre Grenzen stoßen. Den Kern des CTM bildet eine kognitive Softwarearchitektur, mit der sich Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge in Prozessketten modellieren lassen. Auf Basis solcher Modelle gelingt es dann, schnelle Entscheidungen zur Produktionsoptimierung zu fällen.

Die Entwicklung erfolgt momentan für die Hinterachsgetriebeherstellung der BMW Group. Die Softwarearchitektur ist modular aufgebaut, damit sie später an beliebige Produktionsprozesse angepasst werden kann.

The sub-project "Virtual Production Systems" aims to reduce the time-consuming effort required to implement new milling processes, particularly for complex workpieces. This project is designed to provide a CAX framework which will drastically shorten process planning times. This provides a platform for the integrated simulation of tool making and production processes which takes into account all NC planning functions.

The process modelling provides the basis for an evaluation of the cutting conditions. The objective is to use these data as an input for a subsequent force prediction for complex and multi-axis milling processes which takes into account the motion guidance, the current distribution of the residual material and the machine as well as the NC influence. The scientists must now develop efficient coupling mechanisms for the virtual machine tool as well as reliable algorithms for an interpretation of the simulation that generates practical and reliable results within a reasonable period of time. Moreover, the applied simulation systems must be enhanced.

Together with the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen University and the BMW Group, the Fraunhofer IPT is developing the method of "Cognitive Tolerance Matching (CTM)" in order to optimize existing production processes by means of cognitive technologies. The project focuses on complex processes with a high number of inherent dependencies. Classical methods of process optimization are generally not suitable for these kinds of processes. A cognitive software architecture at the heart of CTM models cause-and-effect chains and reaches quick decisions of how to optimize the processes on the basis of these generated models.

The development is conducted with the rear axle drive production unit of the BMW Group. The software architecture has a modular structure which will allow its easy adaptation to a wide range of different production processes.





Im Projekt »Flexible Montagesysteme für die selbstoptimierende Produktion« entwickelt das Fraunhofer IPT eine roboterbasierte Anlage zur vollautomatisierten Montage von Beschriftungslasern. Mit dieser Anlage werden grundlegende Ansätze selbstoptimierender Prozesse untersucht, die flexibel einsetzbare sensorische Komponenten und Werkzeuge erfordern. Ziel ist es, ein optimiertes Vorgehen ohne manuelle Eingriffe umzusetzen. Drei kooperierende Roboter mit austauschbaren Werkzeugen dienen bei der Montage sowohl zur Bauteilhandhabung und zum Führen der Fügetechnik als auch zum bedarfsgerechten Einsatz passender Sensorik.

Für die Handhabung und Ausrichtung der (mikro-)optischen Komponenten hat das Fraunhofer IPT Lösungen entwickelt, die konventionelle Industrieroboter für hochpräzise Positionier- und Justageaufgaben qualifizieren. Durch modulare Montageköpfe, die für die mobile Vorpositionierung durch einen Roboter geeignet sind und die die Feinjustage der Komponenten übernehmen, erreicht das Montagesystem eine deutlich höhere Flexibilität.

#### **Kontakt/Contact**

Dr.-Ing. Thomas Bergs  
Telefon/Phone +49 241 8904-105  
thomas.bergs@ipt.fraunhofer.de

The project "Flexible Assembly Systems for self-optimizing Production" aims to develop a robot-based assembly system for the fully automated assembly of marking lasers. This assembly system serves to explore basic approaches of how to design processes of self-optimization which require flexible sensors and tools. The main objective is to optimize the execution of complex assembly tasks without any need for manual work. Three robots with exchangeable tools will be applied to realize the assembly processes, i.e. component handling, joining, alignment as well as measurement and inspection.

In the course of the project, Fraunhofer IPT has developed solutions for a highly precise handling and alignment of optical components, qualifying conventional industrial robots for precision assembly tasks. Such solutions are based on alignment units which can be carried and prepositioned by industrial robots and which carry out the alignment of optical components in six axes with sub-micron resolution.

# THEMEN TOPICS

- |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>64     <b>Simulation zur Prozess- und Werkzeugauslegung des Präzisionsblankpressens</b><br/>Simulation Strategies for Optimized Process and Mold Design in Precision Glass Molding</p> | <p>80     <b>Laseroberflächenbehandlung für den Verschleißschutz im Werkzeugbau</b><br/>Laser Surface Treatment for Wear-Resistance in Tool and Die Making</p> |
| <p>66     <b>Steel4Optics – Direkte Diamantzerspanung von gehärtetem Stahl</b><br/>Steel4Optics – Direct Diamond Turning of Hardened Steel</p>                                            | <p>82     <b>Entwicklung von CAM-Modulen für optimierte Fräsprozesse</b><br/>Development of CAM Modules for Optimized Milling Processes</p>                    |
| <p>68     <b>HardPolish – Kombiniertes Hartdrehen und Polieren von Hartmetall</b><br/>HardPolish – Combined Hard Turning and polishing of Cemented Carbide</p>                            | <p>84     <b>Durchgängige CAX-Prozesskette zur Bauteilreparatur</b><br/>Integrated CAX Process Chain for Repair of Components</p>                              |
| <p>70     <b>KBAMM – Knowledge-Based Adaptive Micro Milling</b><br/>KBAMM – Knowledge-Based Adaptive Micro Milling</p>                                                                    | <p>86     <b>Flexibles Laserunterstütztes Stanzen verschiedener Schnittkonturen</b><br/>Flexible Laser-assisted Punching of Different Cutting Geometries</p>   |
| <p>72     <b>Vorrichtung zum Schrumpfspannen rotations-symmetrischer Werkstücke</b><br/>Clamping Rotationally Symmetric Workpieces Through the Effects of Thermal Shrinkage</p>           | <p>88     <b>SonicFinish – Ultraschallunterstütztes Superfinishing</b><br/>SonicFinish – Ultrasonic-assisted Superfinishing</p>                                |
| <p>74     <b>Grundlagenprüfstand zur Analyse von Fräsprozessen</b><br/>Test Bench for the Analysis of Milling Processes</p>                                                               | <p>90     <b>Pro-La-Sys – Integrierte intelligente Lasersystemtechnik</b><br/>Pro-La-Sys – Integrated Intelligent Laser Systems Technology</p>                 |
| <p>76     <b>Generative Fertigung von Bauteilen und Werkzeugen aus Hartmetall</b><br/>Additive Manufacturing of Hard Metal Components and Tools</p>                                       | <p>92     <b>ERANET-OPTICALSTRUCT – Mikrostrukturierung von Freiformflächen</b><br/>ERANET-OPTICALSTRUCT – Microstructuring of Freeform Surfaces</p>           |
| <p>78     <b>Tribologische Oberflächenfunktionalisierung durch Laserfinishing</b><br/>Functionalization of Tribological Surfaces Through Laser-Finishing</p>                              | <p>94     <b>Replikation von Freiformflächenoptiken durch Kunststoffspritzguss</b><br/>Replication of Freeform Optics by Plastic Injection Molding</p>         |

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>96    <b>Miniaturisierte Sonden für die optische Messtechnik</b><br/>Miniature Probes for Optical Measurement Instruments</p> <p>98    <b>Adaptive Optikfertigung mit maschinen-integrierter Messtechnik</b><br/>Machine-Integrated Metrology for the Adaptive Production of Optical Components</p> <p>100   <b>Software für die Optikprüfung</b><br/>Inspection Software for Optical Components</p> <p>102   <b>Robuste Algorithmen für die produktionsnahe interferometrische Optikprüfung</b><br/>Robust Algorithms for Interferometric Inspection of Optical Components</p> <p>104   <b>Zusammenarbeit in standortübergreifenden Prozessketten erfolgreich absichern</b><br/>Successfully Ensuring Collaboration in Process Chains across Locations</p> <p>106   <b>Studie: Wie Kultur beim Wandel hilft</b><br/>Study: How Culture Supports Change</p> <p>108   <b>Solution SelfAssess – Online-Tool für den Service-Strategie-Check</b><br/>Solution SelfAssess – Online Tool for the Service Strategy Check</p> <p>110   <b>Technisches Risikomanagementsystem bei der MAN Turbo AG</b><br/>The Technology Risk Management System of MAN Turbo AG</p> | <p>112   <b>Benchmarking: Lernen von den Besten</b><br/>Benchmarking: Learning from the Best</p> <p>114   <b>Technologiemanagement bei der Loewe AG</b><br/>Loewe AG Technology Management</p> <p>116   <b>Erfolg bei der Diversifikation: Auf Kernkompetenzen aufbauen</b><br/>Success in Diversification: Building on Core Competences</p> <p>118   <b>Innovationspotenziale der Lieferanten nutzen</b><br/>How Companies Foster the Innovation Capability of their Suppliers</p> <p>120   <b>Globale Optimierung der Materialkosten</b><br/>Global Optimization of Material Costs</p> <p>122   <b>Fraunhofer CMI – Diagnosesystem für bakterielle Bluterkrankungen</b><br/>Diagnostics for Bacteremia</p> <p>124   <b>Fraunhofer CMI – Schneller Test zur Empfindlichkeit von Bakterien gegenüber Antibiotika</b><br/>Rapid Antibiotic Susceptibility Testing</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

# **SIMULATION ZUR PROZESS- UND WERKZEUGAUSLEGUNG DES PRÄZISIONS-BLANKPRESSENS**

## **SIMULATION STRATEGIES FOR OPTIMIZED PROCESS AND MOLD DESIGN IN PRECISION GLASS MOLDING**

Das Präzisionsblankpressen ist ein leistungsfähiges Fertigungsverfahren zur replikativen Herstellung asphärischer Glas-optiken. Während des Prozesses führen unterschiedliche Einflüsse zu einem Schrumpffehler, der in der heutigen Praxis durch zeit- und kostenintensive Iterationsschleifen kompensiert wird. Das Fraunhofer IPT hat dafür ein integriertes numerisches Simulationstool entwickelt, mit dem sowohl die Prozesse als auch die Werkzeugformeinsätze selbst optimiert werden können. Das Konzept lässt sich flexibel an verschiedene Anlagen anpassen und bietet dem Anwender eine benutzerfreundliche Eingabemaske.

In verschiedenen nationalen und internationalen Forschungsprojekten erarbeitet das Fraunhofer IPT die Grundlagen und Einsatzmethoden eines integrierten, numerischen Simulationstools für das Präzisionsblankpressen. Ziel ist es, eine vielseitig einsetzbare Software zu entwickeln, mit der konventionelle, zeit- und kostenaufwändige Iterationszyklen reduziert oder gegebenenfalls sogar komplett eliminiert werden können.

Beim Präzisionsblankpressen beeinflussen während des Aufheizvorgangs, der Umformung und der Abkühlung viele Faktoren das Prozessergebnis – von der thermischen

Precision glass molding is an efficient manufacturing process for the replicative production of aspherical glass lenses. During the process, the influence from many factors leads to a shrinkage error, which is currently compensated by time- and cost-intensive practical iterations. An integrated numerical simulation tool was developed at the Fraunhofer IPT to provide an optimized design of the process and the tool inserts themselves. This tool can be applied for different molding system concepts via a user-friendly interface.

In several national and international research projects, the Fraunhofer IPT established the basic principles and application methods of an integrated, numerical simulation tool for precision glass molding. The aim is to develop a general simulation tool capable of reducing or even completely eliminating conventional time- and cost-consuming iteration cycles for the shrinkage compensation.

In the precision glass molding process, many factors such as thermal expansion, residual stress relaxation and non-uniform temperature distribution significantly influence the process results during the heating, forming and cooling phases. An unforeseeable variation of lens geometries is the consequence. Needing to take all these factors into account for the purpose



Ausdehnung über den Abbau von Eigenspannungen bis hin zu einer ungleichförmigen Temperaturverteilung. So entstehen nicht-absehbare Optikgeometrien. Um all diese Einflüsse in der Simulation zu berücksichtigen, erarbeitet das Fraunhofer IPT grundlegende Informationen zum Aufbau eines umfassenden Prozessmodells. Hier soll nicht nur ein Strukturmodell der viskoelastischen Verformung von Glas entworfen werden. Vielmehr gilt es auch, ein genaues thermisches Modell aufzubauen, um die ungleichförmige Temperaturverteilung und die erzeugte thermische Spannung innerhalb des Glases zu ermitteln. Auf diese Weise lassen sich auch die Änderungen der optischen Eigenschaften simulieren.

Die geforderten Formgenauigkeiten der gepressten Glas optiken liegen im Sub-Mikrometerbereich. Um Simulationsergebnisse mit einer entsprechend hohen Genauigkeit zu erhalten, untersucht das Fraunhofer IPT die Materialeigenschaften des optischen Glases. Systematische Praxisversuche auf der Pressmaschine dienen dazu, den Umformprozess zu analysieren und die Materialmodelle kontinuierlich zu verbessern. Das Simulationstool kommt bereits bei der Abformung asphärischer Linsen, Linsenarrays und Waferarrays zum Einsatz. Das Simulationsergebnis erreicht dabei eine Genauigkeit von etwa 1  $\mu\text{m}$ . Mit dieser Prognosegenauigkeit lassen sich die aufwändigen Iterationsschleifen während der Werkzeugherstellung eliminieren.

Die aktuellen Forschungsarbeiten sollen nun die Vorhersage der optischen Eigenschaftsänderungen der gepressten Linsen noch verbessern. Außerdem wird die grafische Benutzerführung weiterentwickelt, um in der industriellen Anwendung fachfremden Bedienern die Nutzung der Software zu erleichtern. Das Simulationstool kann zusätzlich zum Präzisionsblankpressen auch an weitere Prozesse der Glasumformung angepasst werden.

of the simulation, the Fraunhofer IPT carried out fundamental research to develop a comprehensive process model. In addition to a structural model for the viscoelastic deformation of glass, an accurate thermal model must also be developed, allowing to establish the non-uniform temperature distribution within the glass and thus the thermal stress generated. This provides the added possibility of simulating the changes of optical properties.

The required form accuracy of the molded glass optical components is mostly in the sub-micron range. In order to generate simulation results with a similar level of accuracy, the Fraunhofer IPT is investigating the material properties of the optical glass. Experimental tests are carried out on the precision molding machine in order to systematically analyze the forming process and to continuously improve the material models. The simulation tool is applied for the molding of aspherical lenses, lens arrays and lens wafer arrays. The simulation result has achieved an accuracy of about 1  $\mu\text{m}$ . Based on this prediction accuracy, the cost-intensive iterations required in conventional tool finishing can be eliminated.

New research studies will further improve the forecasts of optical property changes in molded lenses. A graphical user interface is further developed to adapt this simulation tool for industrial applications, allowing also technically unskilled operators to use the software. The simulation tool can also be adapted to other glass forming processes.

#### **Kontakt/Contact**

M. Sc. Fei Wang  
Telefon/Phone +49 241 8904-468  
fei.wang@ipt.fraunhofer.de

## STEEL4OPTICS – DIREKTE DIAMANT- ZERSPANUNG VON GEHÄRTETEM STAHL STEEL4OPTICS – DIRECT DIAMOND TURNING OF HARDENED STEEL

Gehärteter Stahl lässt sich mit monokristallinen Diamantwerkzeugen aufgrund des hohen Verschleißes auf konventionellem Wege nicht bearbeiten. Jedoch würde gerade die Diamantzerspaltung von Stahl die Herstellung einer Vielzahl effizienter und innovativer Produkte ermöglichen. Das Fraunhofer IPT hat deshalb das ultraschallunterstützte Diamantdrehen entwickelt und schließt damit diese technologische Lücke, indem es die direkte Bearbeitung von gehärtetem Stahl mit Diamantwerkzeugen ermöglicht.

Durch Ultrapräzisionszerspanung mit definierter Schneide lassen sich komplexe, strukturierte Geometrien mit optischen Oberflächengüten herstellen. Konventionelle Materialien für die Ultrapräzisionszerspanung sind Nichteisenmetalle wie Aluminium, aber auch Kunststoffe wie PMMA und einige sprödharte Werkstoffe, etwa Silizium. Die ultraschallunterstützte Bearbeitung erweitert das Spektrum auf weitere Werkstoffe, wie beispielsweise Stahl.

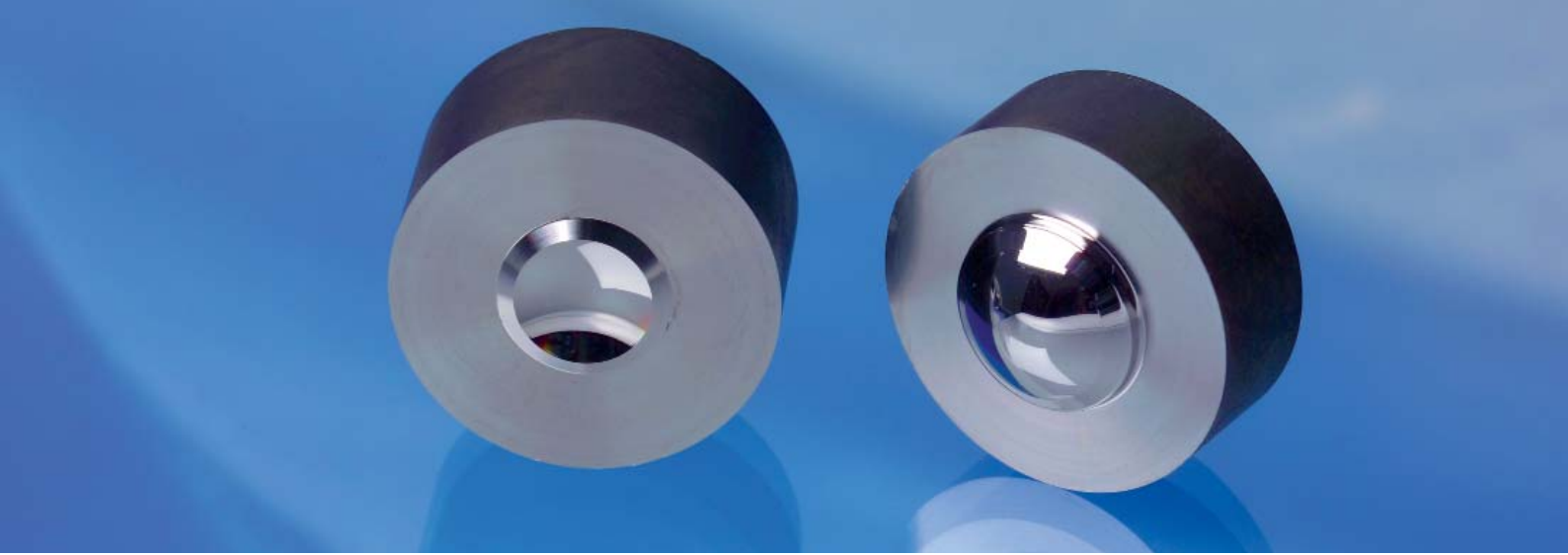
Die Affinität des Diamantkohlenstoffs zum Eisen führt jedoch bei der konventionellen Drehbearbeitung hochlegierter Stähle mit Diamantwerkzeugen zu einem hohen Werkzeugverschleiß. Bereits nach einem Drehweg von wenigen Metern – üblich sind mehrere Kilometer – ist die Schneidkante vollständig verschliffen. Die geforderten Bauteilgenauigkeiten und Oberflächengüten lassen sich auf diese Weise nicht mehr einhalten. Wird das Werkzeug jedoch in eine einachsige

Hardened steel cannot be conventionally machined with monocrystalline diamonds, due to the excessive tool wear. If such a diamond-machining technology became feasible, a large number of highly efficient, innovative products could be created. This is why the ultrasonic-assisted diamond turning technology developed at the Fraunhofer IPT that enables the direct manufacturing of hardened steel with diamond tools is such exciting news.

The conventional ultra-precision machining process with monocrystalline diamond tools enables the creation of highly complex structured geometries in combination with optical surfaces. Conventional materials that are suitable for diamond machining are nonferrous metals, plastics and a few crystalline materials such as aluminium, PMMA and silicon. The ultrasonic-assisted process enlarges the range of suitable materials significantly – to the point where it includes even steel.

The main cause for the high tool wear during the conventional diamond machining process of steel is the affinity of the carbon to the iron in the steel. This means that the high levels of consistency, accuracy and surface quality required in ultra-precision machining can no longer be met. If, however, the tool is set into an axial oscillation in its cutting direction, the resulting, intermittent high-frequency contact between tool and machined part causes a significant reduction of the tool wear.





Schwingung in Schnittrichtung versetzt, führt der intermittierende Kontakt zwischen Diamant und Werkstück zu einem deutlich reduzierten Verschleiß.

Innerhalb des Fraunhofer-internen Projekts zur »Mittelstandsorientierten Eigenforschung« (MEF) mit dem Namen »Steel4Optics« entwickelt das Fraunhofer IPT ein weltweit einzigartiges Ultraschallsystem mit 80 kHz zur Diamantdrehbearbeitung und setzt es zur Bauteilfertigung ein. Die erreichbaren Oberflächengüten liegen im Bereich von 5 nm Ra und die Formgenauigkeiten unterhalb von 300 nm P-V bei asphärischen Geometrien. Die Werkzeugstandzeit verbessert sich gegenüber der klassischen Bearbeitung mindestens um den Faktor 100.

Diese Technologie erlaubt die Fertigung asphärischer, konkaver und konvexer Formwerkzeuge für den Kunststoffspritzguss aus gehärtetem Stahl. Diese optischen Formwerkzeuge mit höchsten Genauigkeiten bieten gegenüber den konventionell verwendeten, nickelbeschichteten Einsätzen eine Vervielfachung der Standzeit, höhere Kratzbeständigkeit und keine Gefahr der Schichtablösung. Zudem verkürzt sich die Herstellungszeit der Werkzeuge deutlich – von einigen Wochen auf einige Tage. Die Werkzeuge können mit geringem Aufwand repariert und in den Ausgangszustand zurückversetzt werden. Das Fraunhofer IPT bietet diese Technologie zur Fertigung von Bauteilen unterschiedlicher Geometrien als Dienstleistung an.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Benjamin Bulla  
Telefon/Phone +49 241 8904-122  
benjamin.bulla@ipt.fraunhofer.de

The Fraunhofer internal research project "Steel4Optics" is currently developing a unique ultrasonic system for diamond turning with an oscillation frequency of 80 kHz and applying this system in actual production. The system is capable of achieving surface roughness levels of 5 nm Ra and form accuracies below 300 nm P-V on aspherical shapes. The tool life time is increased at least by a factor of 100 compared to the conventional process.

This technology enables the manufacturing of aspherical, concave and convex molds for injection molding from hardened steel. These optical molds meet the highest standards of accuracy, have far longer live times, higher levels of scratch resistance and are, in contrast to conventionally nickel plated steel molds, in no danger of delamination. Production times of the molds are reduced from several weeks to only a few days, and the molds can be easily repaired to restore them to their original state. Fraunhofer IPT offers this technology of creating components with various geometries as a service to its customers.

# **HARDPOLISH – KOMBINIERTES HARTDREHEN UND POLIEREN VON HARTMETALL**

## **HARDPOLISH – COMBINED HARD TURNING AND POLISHING OF CEMENTED CARBIDE**

Hochpräzise Umformwerkzeuge aus Hartmetall unterliegen höchsten Anforderungen hinsichtlich Form und Maß. Ihre Standzeiten und damit der Verschleiß, beispielsweise Reibverschleiß an Ziehkanten, bestimmen sich in starkem Maße durch die Oberflächenrauheit. Zwar kann das Hartdrehen die geometrischen Anforderungen erfüllen, doch die geforderten Rauheitswerte lassen sich fast ausschließlich durch abschließendes manuelles Polieren an einer weiteren Arbeitsstation erzielen. Umspannfehler und der Einfluss des Werkers beim manuellen Polieren führen jedoch dazu, dass sich das Bearbeitungsergebnis nur bedingt reproduzieren lässt. Für produzierende Unternehmen wird es daher lukrativ, die Polierbearbeitung zu automatisieren.

Im BMWi-geförderten dreijährigen InnoNet Projekt »Hard-Polish – Entwicklung eines kombinierten Hartdreh- und Polierprozesses« (Förderkennzeichen: IN-6048) entwickelt das Fraunhofer IPT gemeinsam mit einem Konsortium von elf Partnern ein hybrides Fertigungsverfahren aus Hartdrehen und Polieren. Ziel ist die automatisierte Bearbeitung hochpräziser rotationssymmetrischer Umformwerkzeuge in derselben Maschine. Das Fraunhofer IPT ist hier verantwortlich für die prozesstechnologische Auslegung und Abstimmung der beiden Fertigungstechnologien sowie für die Qualifizierung des Fertigungssystems.

Die Kombination der beiden Fertigungsverfahren des Hartdrehens und Polierens in einer Maschine erlaubt die Komplettbearbeitung in einer Aufspannung. Dies verkürzt nicht nur die

High-precision forming tools made of cemented carbide are subject to stringent requirements of shape and dimension. Service lives and levels of wear, for example from fretting on sharp edges, are largely determined by their levels of surface roughness. While hard turning enables the manufacturing of such parts within the desired dimensional tolerances, the required roughness values are only attainable by means of a subsequent manual polishing process. Due to errors that may occur in the course of unclamping and reclamping the workpieces during the conversion of the work station and particularly due to human errors committed during the manual polishing, reproducibility levels are low. This explains why there will be good reasons for production companies to automate the polishing process.

In the course of the three-year long InnoNet project "HardPolish – Development of a combined hard turning and polishing process" (contract number: IN-6048), funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), a consortium of eleven partners is developing a hybrid production technique for the automated manufacturing of high-precision rotation-symmetric forming tools by means of hard turning and polishing in a single lathe. The Fraunhofer IPT is responsible for the process technology layout and the adjustment of both production technologies as well as for the qualification of the production system.

With the combination of both production technologies (hard turning and polishing) in one lathe, it becomes possible to



Nebenzeiten, sondern vermeidet auch Umspannfehler beim Wechsel der Arbeitsstationen. Für einen vollautomatisierten Fertigungsablauf entwickeln die Projektpartner sowohl eine Poliereinheit als auch Systeme zur Messung von Form und Rauheit und integrieren beide eine konventionelle Hartdrehmaschine. Anhand der Ergebnisse der Formmessung lässt sich der Werkzeugverschleiß automatisch kompensieren. Die Messdaten der Oberflächenrauheit dienen dazu, die automatisierte Polierbearbeitung zeitlich und hinsichtlich des gewünschten Bearbeitungsergebnisses zu optimieren. Die Integration einer hochgenau einstellbaren Y-Achse in die Hartdrehmaschine verkürzt die Rüstzeiten zum Einrichten der Werkzeuge spürbar. Die Integration der zusätzlich entwickelten Komponenten in die Maschine wurde Ende 2009 abgeschlossen. Es folgen nun weitere Projektarbeiten zur Qualifizierung und Verifizierung des Fertigungssystems.

Das »HardPolish«-System zeichnet sich vor allem durch seinen Automatisierungsgrad von nahezu 100 Prozent aus. »HardPolish« erlaubt erstmals weltweit eine schnelle, automatisierte, ausschussfreie und reproduzierbare Vor- und Endbearbeitung hochpräziser, rotationssymmetrischer Massivumformwerkzeuge.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Jens Helbig  
 Telefon/Phone +49 241 8904-136  
[jens.helbig@ipt.fraunhofer.de](mailto:jens.helbig@ipt.fraunhofer.de)

complete the entire production process in a single setting, reducing idle times as well as the number of errors committed in the course of unclamping and reclamping the parts for changing the work stations. In addition to the polishing device, measuring systems for form and roughness are also developed and integrated into the lathe, enabling the creation of a fully automatic production process. On the basis of the form measuring results, the degree of tool wear can be automatically compensated, while the results from measuring the surface roughness levels serve as a foundation for the optimization of the desired qualities and the processing time of the automatic polishing. By means of the integration of a high-precision Y-axis into the lathe, the set-up times of the tools can be drastically reduced. At the end of 2009, the integration of all additional components into the lathe was finished. The subsequent work will serve to qualify and verify the production system.

With its automation level of nearly 100 %, the "HardPolish" system is the first system of its kind anywhere in the world that allows a fast and automated, reject-free and reproducible pre- and finish-machining of high-precision, rotation-symmetrical forming tools.

# KBAMM – KNOWLEDGE-BASED ADAPTIVE MICRO MILLING

## KBAMM – KNOWLEDGE-BASED ADAPTIVE MICRO MILLING

Das Mikrofräsen ist eines der wichtigsten Fertigungsverfahren zur Herstellung hochpräziser Formeinsätze für Anwendungen wie den Kunststoffspritzguss. Die Gesamtkosten für die hochwertigen Mikrofräswerkzeuge ergeben sich aus den Faktoren Beschaffungspreis, Standzeit und laufende Betriebskosten. Im Projekt »KBAMM« verbessert das Fraunhofer IPT die Prozessstabilität beim Mikrofräsen und verkürzt die Prozesszeiten, um damit die Kosten für Werkzeuge und Prozessführung zu senken.

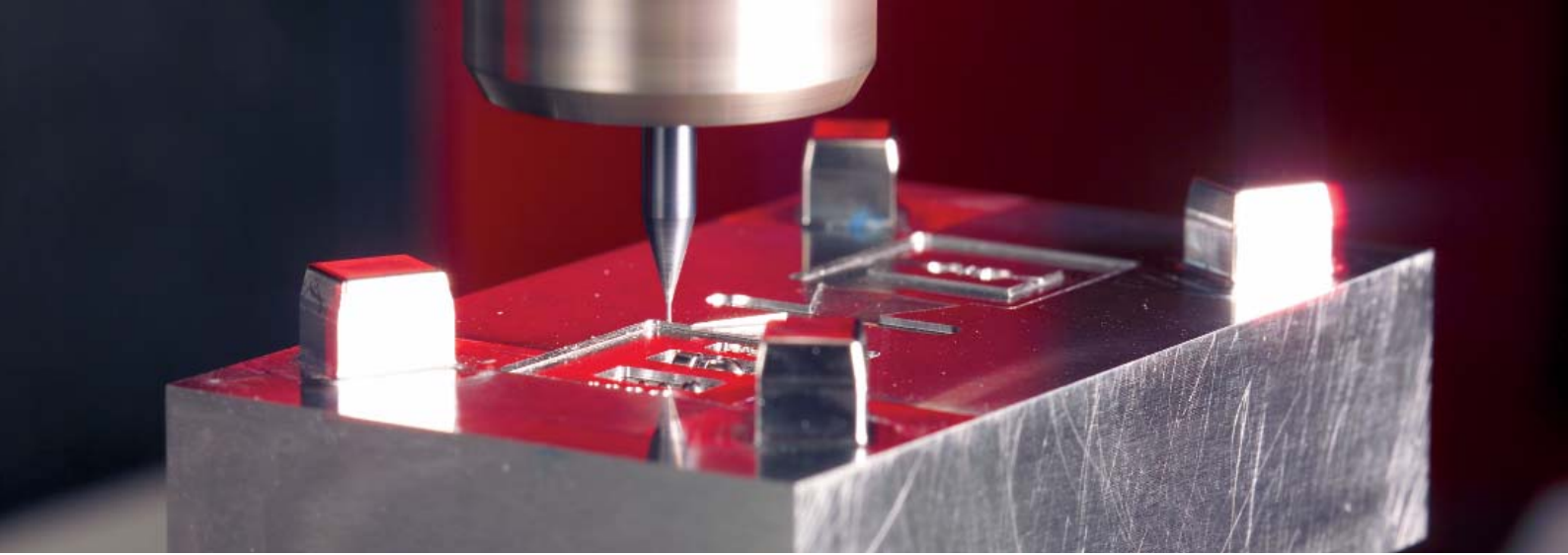
Bei der spanenden Fertigung ist es wichtig, die Prozessparameter innerhalb enger Grenzen einzuhalten. Gerade beim Mikrofräsen gilt es, kleine Parameterfenster zu treffen, um kostengünstig und prozesssicher fertigen zu können. Denn Mikrofräswerkzeuge zeigen sich aufgrund ihrer geringen Durchmesser besonders empfindlich gegenüber Prozessschwankungen, die aus Parameterabweichungen resultieren. Diese Anfälligkeit bewirkt, dass Werkzeuge, die zu stark beansprucht werden, nicht erst verschleifen, sondern viel häufiger direkt brechen. Eine weitere Fehlerquelle für Mikroprozesse ergibt sich aus 3D-Modellen mit Flächendefekten, etwa mit Sprüngen, die durch die CAD/CAM-Prozesskette in das NC-Programm überführt werden. Die Folge sind Prozessunstetigkeiten und Konturabweichungen.

Im Projekt »KBAMM«, gefördert durch die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT) (Förderkennzeichen: IN-7041), entwickelt das Fraunhofer IPT mit Unterstützung von Projektpartnern Lösungen, um die Prozessstabilität und Produktivität

Micro-milling is one of the key techniques for the production of high-precision mold inserts in applications such as injection molding. In order to calculate the overall costs of the micro-milling equipment, three factors must be taken into consideration: purchase price, service life and operating costs. The "KBAMM" project of the Fraunhofer IPT has been designed to improve the process stability of micro-milling and to shorten the processing times, cutting equipment costs and process management costs.

It is always important in machining to keep the process parameters within a narrow band of permissible variations. The parameter windows in micro-milling are particularly small and make it all the more difficult to operate accurately and cost-effectively. Due to their small diameters, micro-milling tools are specifically sensitive and susceptible to process variations that result from parameter deviations. In practice this means that tools which are frequently subjected to process variations will rather break immediately than wear out more quickly over a longer period of time. A further potential source of errors for micro-processes are surface defects in 3D models, for example fissures, which are transferred into the NC program via the CAD/CAM process chain. This results in discontinuities in the process and high levels of contour variation would inevitably follow.

In the "KBAMM" project supported by the VDI/VDE-IT GmbH, a society of the Association of German Engineers and the Association for Electrical, Electronic & Information Technologies



für den Mikrofräsbearbeitungsprozess von Werkzeugstählen zu verbessern. Übergeordnetes Ziel ist ein Software-Modul, das geglättete Werkzeugbahnen mit vorschubangepassten Prozessstrategien generiert oder auch bestehende NC-Programme optimiert. Dieses CAM-Modul bedient sich der Analyse- und Optimierungssoftware »NCProfiler«, um kritische Prozessbereiche innerhalb der Werkzeugbahnen zu identifizieren und zu beseitigen. Anschließend werden optimierte NC-Programme erstellt, die die jeweiligen Randbedingungen der Maschine genau berücksichtigen.

Der optimierte NC-Code enthält darüber hinaus eine lokal vorschubangepasste Drehzahl der Werkzeugspindel, die den »Vorschub pro Zahn« konstant hält – denn dies gilt als wichtiges Kriterium für die Prozessstabilität. Indem die Spindeldrehzahl genau an den Vorschub angepasst wird, kann die Maschine den maximal zulässigen Vorschub voll ausnutzen. Dabei sinken gleichzeitig die Gefahr des Werkzeugbruchs und die Bearbeitungszeit.

Aktuelle Forschungsarbeiten untersuchen den Einfluss der Drehzahländerung während des Prozesses auf die Paarung Werkzeug und Werkstück. So lassen sich negative Auswirkungen von Seiten der Spindel ausschließen und Beschleunigungsgrenzen definieren. Parallel dazu entwickelt und implementiert das Fraunhofer IPT die erforderliche Algorithmik für optimierte 5-Achs-Bahnen.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Benedikt Gellißen  
Telefon/Phone +49 241 8904-256  
benedikt.gellissen@ipt.fraunhofer.de

Monika Mallok M.A.  
Telefon/Phone +49 241 8904-409  
monika.mallok@ipt.fraunhofer.de

(contract number: IN-7041) the Fraunhofer IPT and several project partners develop solutions to improve the process stability and productivity of micro-milling processes for tool steels. A further objective is to develop a software module capable of generating smooth tool paths with feed-adapted process strategies, possibly even of optimizing existing NC programs. This CAM module will use the analytical optimization software "NCProfiler" to identify and eliminate critical process areas on the tool paths. Subsequently, optimized NC programs will be created which take into account the specific marginal conditions of each machine.

The optimized NC code furthermore features a locally feed-adapted rotational speed of the tool spindle which steadies the "feed rate per tooth" – because such a constant rate is a key condition for adequate process stability. By adjusting the rotational speed of the spindle to the feed rate, the machine can steadily work at maximum capacity, reducing the tool breakage risks as well as the processing times.

Current research projects are exploring the impact of a change in rotational speed on the interactions between tool and workpiece. This will serve to anticipate and counter any possible adverse effects that the spindle might have. It will also make it possible to identify the limits of the acceleration process. At the same time, the Fraunhofer IPT is developing and implementing the algorithms required for optimized 5-axis paths.



# VORRICHTUNG ZUM SCHRUMPFSPANNEN ROTATIONSSYMMETRISCHER WERKSTÜCKE CLAMPING ROTATIONALLY SYMMETRIC WORKPIECES THROUGH THE EFFECTS OF THERMAL SHRINKAGE

Das Fraunhofer IPT hat in Kooperation mit der MTU Aero Engines GmbH ein Spannsystem auf Basis thermischen Schrumpfens entwickelt, das flache Werkstücke mit großem Durchmesser in wenigen Sekunden mit einer Rundlauf toleranz von 0,01 mm einspannen kann. Dazu wird die Vorrichtung zunächst induktiv erwärmt, dann das Werkstück genau positioniert, durch das Abkühlen gespannt und später induktiv wieder gelöst. Die thermische Belastung des Werkstücks ist bei diesem neuen, patentierten Verfahren äußerst gering.

Bei der Drehbearbeitung flacher Werkstücke mit großen Durchmessern sind das Spannen und die Ausrichtung der Werkstücke auf den Rundlauf sehr zeitaufwändig. Die Werkstücke werden aus Stabilitätsgründen axial gespannt, das Öffnen und Schließen der Vorrichtung erfolgte bisher anhand zahlreicher Schrauben. Zudem mussten die Werkstücke manuell auf den Rundlauf ausgerichtet werden.

Das neue Verfahren des Fraunhofer IPT spannt die Werkstücke radial, indem ein Teil der Vorrichtung aufgeschrumpft wird. Bei Raumtemperatur ist der Innendurchmesser des Spannrings etwas kleiner als das zu spannende Werkstück. Der Ring wird daher zum Einspannen um einige Millimeter geweitet. Dazu wird er induktiv erwärmt und die Temperatur gehalten. Nach dem Erwärmen lässt sich das Werkstück leicht in den Spannring einlegen. Schon 200 °C reichen zum Öffnen

In cooperation with MTU Aero Engines GmbH, the Fraunhofer IPT has developed a clamping system which is based on the principle of thermal shrinkage and which is capable of fixing flat, large-diameter workpieces within seconds at concentricity tolerance levels of 0.01 mm. Under this technique, the clamping device is inductively heated before the workpiece is positioned – the clamping effect is obtained through the thermal shrinkage of the device. The workpiece is later unclamped through another act of induction. This new and patented technique subjects the workpiece to extremely low levels of thermal stress.

The turning of flat, large-diameter workpieces requires a lot of time and effort for the clamping of the workpieces and their concentricity alignment. In order to ensure their stability, the workpieces are clamped axially, while the conventional clamping device is opened and closed with a large number of screws. The concentricity alignment also involves a great deal of manual labor.

The new technique developed by the Fraunhofer IPT allows the workpieces to be clamped radially by making use of the effects of thermal shrinking. At room temperature, the interior diameter of the clamping ring is a little smaller than the diameter of the workpiece. Before the clamping, the ring is therefore extended by a few millimeters through heat





der Vorrichtung aus. Möglich wird dies durch ein spezielles Festkörpergelenk, das einerseits die Bewegung der thermischen Dehnung zulässt, andererseits aber das Werkstück im gespannten Zustand äußerst stabil fixiert. Das Abkühlen der Vorrichtung kann durch eine Kühlschmierstoffanlage ebenfalls in wenigen Sekunden erfolgen. Das Werkstück richtet sich dabei durch das radiale Schrumpfen von selbst hochgenau aus. Eine Rundlaufgenauigkeit von 0,01 mm im Spannbereich ist durch das neue Konzept möglich.

Die besondere Form des Festkörpergelenks bewirkt nicht nur eine radiale, sondern auch eine axiale Spannung. So wird das Werkstück beim Schrumpfen des Spannrings auf die Anlagefläche herabgezogen. Dies gewährleistet zusätzlich eine reproduzierbare und extrem stabile Einspannung – selbst bei sehr großen Bearbeitungskräften, die etwa beim Schrumpfen schwer zerspanbarer Materialien entstehen. Die mechanische Belastung des Werkstücks ist sehr gering, denn durch die Schrumpfspannung entsteht eine sehr große, homogene Kontaktfläche zwischen Werkstück und Vorrichtung. Es treten nur geringe Spannungen auf, Spannmacken am Werkstück lassen sich so vermeiden.

In der Regel kann ein Werkstück in weniger als einer Minute ein- oder ausgespannt werden. Die Schrumpfspanntechnik ist also ein sehr effizientes Verfahren und trägt dazu bei, Rüstzeiten zu verkürzen. Beim Entwicklungspartner MTU könnten mit dieser Technik erhebliche Kosten eingespart werden.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Roman Kalocsay  
Telefon/Phone +49 241 8904-427  
roman.kalocsay@ipt.fraunhofer.de

induction. Once the temperature has been raised to (and kept at) this higher level, the workpiece can be easily inserted into the clamping ring. 200 °C are enough to open the device. The technique is based on the use of a designated solid-body joint, which accommodates the thermal expansion while keeping the clamped workpiece in a fixed and extremely stable state. Once the cooling lubricant has been applied, the device will release the workpiece just as quickly (within a few seconds). The workpiece aligns itself through the effects of radial shrinkage, a technique that guarantees high levels of accuracy. Concentricity accuracy levels of 0.01 mm can be obtained inside the clamping range.

The design of the solid-body joint ensures that the workpieces are clamped axially as well as radially. During the process of thermal shrinkage, the workpiece is pulled down to the contact surface, generating an additional, reproducible clamping effect that ensures even higher levels of stability – these provide sufficient resistance even to strong processing forces such as those that are generated by the rough machining of hard and difficult-to-cut materials. The workpieces are subjected to very low levels of mechanical stress, because the contact surface between workpiece and device is large and homogeneous. As a consequence, the levels of mechanical stress are very low, which means that clamping marks on the workpieces can be easily avoided.

Generally the clamping and unclamping of any given workpiece should take less than a minute. This is why the thermal shrinkage technique of clamping is highly efficient and could make a major contribution to cutting setup times. Our development partners at MTU have managed to reduce their operating costs considerably.

# GRUNDLAGENPRÜFSTAND ZUR ANALYSE VON FRÄSPROZESSEN

## TEST BENCH FOR THE ANALYSIS OF MILLING PROCESSES

Der Einsatz neuer und hochentwickelter Werkstoffe stellt die Fertigungstechnik vor immer neue Herausforderungen. Dabei spielt die Effizienz bei der Bearbeitung solcher Werkstoffe eine entscheidende Rolle. Das Fräsen erfordert immer genauere Kenntnisse über Wirkzusammenhänge und Vorgänge in der Zerspanzone. Das Fraunhofer IPT hat zu diesem Zweck einen Grundlagenprüfstand konzipiert und aufgebaut, der eine umfassende Analyse der Abläufe in der Zerspanzone erlaubt.

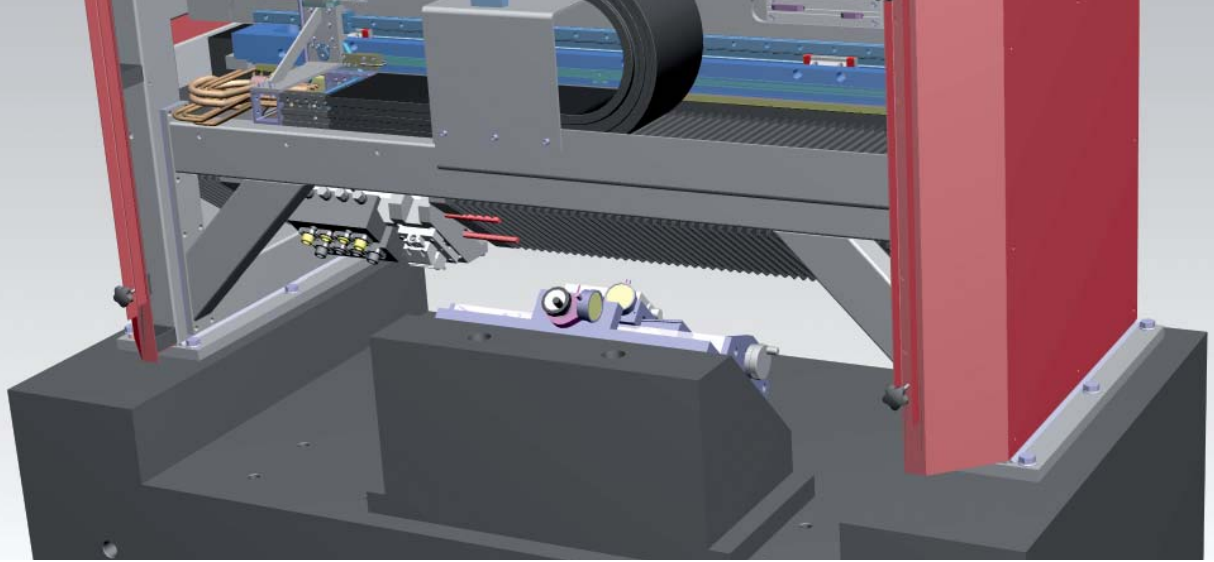
Die Zugänglichkeit zur Zerspanzone ist beim Fräsen durch die Rotation des Werkzeugs und die überlagerte Vorschubbewegung stark einschränkt. Für Untersuchungen im Bereich der Zerspanzone wird der Prozess auf dem Grundlagenprüfstand auf eine einzige Bewegung reduziert, die dem Prinzip des Hobelns entspricht. Um die Spanungsgeometrie des Fräsesprozesses am Grundlagenprüfstand abbilden zu können, wird diese analytisch berechnet und auf eine Ebene transformiert. Anschließend wird das Werkstück entsprechend der transformierten Spanungsgeometrie profiliert und auf dem Grundlagenprüfstand an einer Linearachse eingespannt.

Der Aufbau des Grundlagenprüfstandes erlaubt es, verschiedenste Werkzeugmikro- und -makrogeometrien sowie Beschichtungen zu untersuchen. Dazu nimmt eine Kraftmesseinheit den genauen Verlauf der Kräfte während eines einzelnen Zahneingriffs auf. Durch die gute Zugänglichkeit gelingt es, den Prozess mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera aufzunehmen und verschiedene Phasen des Prozesses

The discovery and development of new materials provide production engineers with a steady flow of challenges. Efficient machining processes are the key question for the use of those new materials. The establishment of more detailed knowledge of milling processes that takes into account the complex interactions in the chipping zone is an essential requirement. For this purpose, the Fraunhofer IPT conceptual designed and build up a novel test bench that allows a comprehensive analysis of the processes that occur in the chipping zone.

Due to the combined effect of the rotating tool and the simultaneous feed movement while milling, the chipping zone is hardly accessible. To enable the analysis of the processes that occur in the chipping zone, the novel test bench reduces this complexity of movements to a single, planing thrust. In order to handle the uncut chip geometry of milling processes, the uncut chip geometry of a milling process is analytically described and transformed to a level plane. After this, a workpiece profile is created, based on the calculated uncut chip geometry. The profiled workpiece is mounted at the test bench on a linear axis.

The design of the test bench allows to analyze a range of microgeometrical and macrogeometrical properties of the tool and the behavior of different coatings. A force sensor records precisely the force progression during the engagement of a single tooth. Since the chipping zone of the test bench is highly accessible, the process can be filmed with a high-



sichtbar zu machen. Besonders interessant sind die Bereiche von Schneideneintritt und -austritt, wenn Spanungsdicken auftreten, die unterhalb der Schneidkantenverrundung der eingesetzten Werkzeuge liegen. Eine standardisierte Methodik, neue Werkzeuge und Beschichtungen zu testen und innovative Werkstoffe zu zerspanen, erlaubt eine ganzheitliche Klassifizierung der Leistungscharakteristik.

Um Einflüsse durch Schwingungen zu minimieren, ist der Werkstückträger des Prüfstands hydrostatisch gelagert. Die maximale Schnittgeschwindigkeit des Prüfstandes liegt bei 140 m/min. Für Spanwurzeluntersuchungen ist geplant, den Prüfstand zusätzlich mit einer Quick-Stop-Einheit zu versehen. Diese ist so konstruiert, dass der Zerspanungsprozess an diskreten Stellen »eingefroren« werden kann. Dazu wird die Schneide während des Prozesses mit einer Sprengladung aus dem Eingriff geschossen. Die Zündung erfolgt elektronisch gesteuert, abhängig von der Bearbeitungsgeschwindigkeit und der zu untersuchenden Stelle. Als zweite Erweiterung des Prüfstandes ist geplant, ein System zu implementieren, mit dem sich Temperaturen und Temperaturverläufe messen lassen. Das Fraunhofer IPT baute den Prüfstand im Projekt »hybrid HPC« auf, das mit Mitteln aus dem Fraunhofer-internen »Challenge«-Programm finanziert wurde.

#### **Kontakt/Contact**

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

speed camera which allows to show different stages of the machining process. The inlet and outlet sections are subjected to particular relevance, as their thickness of cut is smaller than the edge rounding of the tools. The standardized method to test new tools and coatings and to cut innovative materials allow a holistic classification of the performance characteristics.

In order to minimize the impact of vibration, the workpiece holder of the test bench is supported by a hydrostatic bearing. The test bench achieves a maximum cutting speed of 140 m/min. For the purpose of conducting chip root analysis, the test bench will be equipped with an additional quick-stop unit. This unit will allow to "freeze-frame" the machining process in discrete moments. Therefore, an explosive charge will shoot the cutting edge out of engagement during the process. The ignition will be electronically controlled, depending on the processing speed and the properties of the section under scrutiny. It is also planned to implement a system of measuring temperatures and temperature changes. The Fraunhofer IPT built the test bench within the "hybrid HPC" project that was supported with funds from the Fraunhofer internal "Challenge" program.

# GENERATIVE FERTIGUNG VON BAUTEILEN UND WERKZEUGEN AUS HARTMETALL ADDITIVE MANUFACTURING OF HARD METAL COMPONENTS AND TOOLS

Generative Fertigungsverfahren eignen sich besonders dafür, geometrisch komplexe Freiformbauteile aus Hartmetall schnell, flexibel und ohne den Einsatz weiterer Werkzeuge oder Formen zu fertigen. Solche Bauteile dienen beispielsweise zum Verschleißschutz in der Energietechnik oder im Werkzeug- und Formenbau. Das Fraunhofer IPT entwickelt zu diesem Zweck seit 2004 ein laserbasiertes generatives Verfahren, das Selektive Lasersintern (SLS), und setzt es in die industrielle Praxis um.

Längere Werkzeugstandzeiten bei der Fertigung von Kunststoffprofilen, beispielsweise für Fenster, Rollläden oder Dichtungen, waren das Ziel des Fraunhofer IPT und seiner Industriepartner im Verbundprojekt »Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall – GENIAL«, das mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurde (Förderkennzeichen: 02PU2220). Bei der Herstellung von Kunststoffprofilen im Extrusionsverfahren verursachen Werkzeugwechsel und Rüstzeiten hohe Kosten. Gerade moderne Kunststoffe, die zusätzlich mit Graphit, Kreide oder anderen Stoffen verstärkt sind, lassen herkömmliche Werkzeuge jedoch schnell verschleifen. Generativ gefertigte Werkzeuge aus Wolframkarbid-Kobalt (WC-Co) könnten hier deutlich längere Standzeiten erzielen. Die Partner im Projekt »GENIAL« arbeiteten deshalb daran, komplexe Hartmetallwerkzeuge schichtweise aufzubauen und so in kurzer Zeit ein hohes Maß an geometrischer Flexibilität zu erreichen.

Additive or generative manufacturing techniques are highly suitable for the production of geometrically complex freeform components from hard metals: these techniques are quick, flexible and do not require any additional tools or molds. The finished components are used as anti-wear protection devices in power engineering and the production of dies and molds. Since 2004, the Fraunhofer IPT has been working to develop a laser-based additive technique, the Selective Laser Sintering (SLS), implementing it into industrial practice.

Longer service lives for tools that are used to create plastic profiles (for example in the industrial production of windows, shutters and gaskets): this was the objective of the Fraunhofer IPT and its corporate partners in the joint project "Additive Production of Hard Metal Extrusion Tools" that was supported with funds from the Federal Ministry for Education and Research (BMBF) (contract number: 02PU2220). Tool changes and long setup times in the production of plastic profiles are a key cost factor of the industrial extrusion process. The most up-to-date plastic materials – those that have been additionally reinforced with graphite, chalk or other materials – are particularly hard to process and cause conventional tools to wear and deteriorate quickly. Tungsten-carbide-cobalt (WC-Co) tools, hardened in additive manufacturing processes, can provide an answer to this problem. The project partners focused their attention on the layer-by-layer production of complex hard metal tools, reaching a high degree of geometrical flexibility within a short space of time.



Das Fraunhofer IPT qualifizierte die generativen Fertigungsverfahren des 3D-Druckens und Lasersinterns (LaserCUSING®) für die Verarbeitung von WC-Co-Pulver und modifizierte die verwendeten Werkstoffe verarbeitungsgerecht. Untersucht wurde der Einfluss der Stellgrößen beim 3D-Drucken und beim Lasersintern auf das entstehende WC-Co-Gefüge, auf die relative Dichte des Werkstoffverbunds und auf die mechanischen Kennwerte von Prüfkörpern. So sollte eine maximale Dichte des Werkstoffs erzielt werden. Die maximale Werkstoffdichte beim Lasersintern von WC-Co lag bei 98,5 Prozent. Abschließend fertigte das Fraunhofer IPT WC-Co-Komponenten für Extrusionswerkzeuge durch Lasersintern und setzte diese in den Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Verbundpartner ein.

Der Anwendungsbereich der Extrusion stellt sehr hohe Anforderungen an die Oberflächengüte der Werkzeuge. Die Untersuchungen offenbarten zunächst nur kurze Standzeiten der Werkzeuge, da sich Oberflächendefekte der Werkzeuge als Riefen auf der Oberfläche der Extrusionsprodukte abbildeten. Der Grund dafür war die Restporosität der lasergenerierten Werkzeugeinsätze. In weiterführenden Forschungsaktivitäten der kommenden Jahre wird nun die Steigerung der Werkstoffdichte im Vordergrund stehen, um die mechanischen Eigenschaften zu verbessern und eine porenfreie Oberfläche nach entsprechender Nachbearbeitung zu erhalten.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Christian Derichs  
Telefon/Phone +49 241 8904-129  
christian.derichs@ipt.fraunhofer.de

The Fraunhofer IPT qualified the additive manufacturing technique of 3D-printing and laser sintering (LaserCUSING®) for the processing of WC-Co powder and modified the materials in view of the process requirements. During the 3D-printing and the laser sintering processes, their engineers analyzed the influence of the manipulated variables on the developing WC-Co structure, the relative density of the material composite and the mechanical properties of the specimens. The objective was to reach the highest possible density of the material. The maximum material density of WC-Co reached a level of 98.5 %. As a last step, the Fraunhofer IPT manufactured WC-Co components for extrusion tools through laser sintering that were subsequently applied by the corporate project partners in their plastics processing operations.

The application area of extrusion technology places high demands on the surface qualities of the tools. The analyses showed initially that the tools had only short service lives since their surface defects were projected as grooves on to the surface of the extrusion products. This was caused by the residual porosity of the laser-generated tool inserts. In the coming years, the Fraunhofer IPT will focus its research on ways to improve the material density in order to further improve the mechanical properties and to design a post-processing technique that can guarantee non-porous surfaces.



# TRIBOLOGISCHE OBERFLÄCHENFUNKTIONALISIERUNG DURCH LASERFINISHING

## FUNCTIONALIZATION OF TRIBOLOGICAL SURFACES THROUGH LASER-FINISHING

Die jährlichen Verluste durch Reibung und Verschleiß werden zurzeit in Deutschland mit 100 Mrd. € pro Jahr beziffert. Ein wichtiges Ziel der Automobilindustrie ist es deshalb, die Effizienz von Ottomotoren durch geringere Reibung zu erhöhen und so dazu beizutragen, Kraftstoff einzusparen. Das Fraunhofer IPT entwickelt zu diesem Zweck lasergefertigte Oberflächenstrukturen, die die tribologischen Eigenschaften hochbeanspruchter Komponenten im Antriebsstrang von Kraftfahrzeugen verbessern.

Ein großer Teil der Verluste bei der Energieumwandlung im Ottomotor ist auf Reibung zurückzuführen und wird im Betrieb als Wärme abgeführt. Um die Reibung im Motor zu verringern, entwickelt das Fraunhofer IPT gemeinsam mit fünf weiteren Fraunhofer-Instituten im Fraunhofer-internen MAVO-Forschungsprojekt »TriboMan« Fertigungsprozesse, die die Effizienz der Motoren und dadurch den Gesamtwirkungsgrad erhöhen sollen. Die Institute setzen dabei auf verschiedenste Strategien – von der Vorauslegung der Werkstoffe (Fraunhofer IFAM) über eine mechanische (Fraunhofer IWU) oder thermische (Fraunhofer IPT) Behandlung bis hin zu Beschichtungen (Fraunhofer IST) der beanspruchten Oberflächen. Die tribologische Analyse (Fraunhofer IWM) umfasst die Bestimmung der Reibwerte und Verschleißmessungen.

Das Fraunhofer IPT untersucht im MAVO-Projekt »TriboMan«, wie sich durch lasergefertigte Oberflächenstrukturen Reibungsverluste in Ottomotoren reduzieren lassen. Ein

Annual losses in Germany caused by wear and friction are estimated at € 100 billion. This is why the automotive industry strives to reduce the fuel consumption of petrol engines through an increase of their efficiency. The Fraunhofer IPT is developing laser-manufactured surface textures, which are capable of improving the tribological properties of highly stressed power train components.

Most of the energy conversion losses in fuel engines are caused by friction and dissipated in the form of heat. The internal Fraunhofer MAVO research project "TriboMan" is trying to reduce this friction, with the Fraunhofer IPT, in cooperation with other Fraunhofer-Institutes, developing manufacturing processes which aim to increase the efficiency of petrol engines. Several approaches are pursued, focusing respectively on the preliminary design of materials (Fraunhofer IFAM, Bremen), the mechanical treatment (Fraunhofer IWU, Chemnitz) and the thermal treatment (Fraunhofer IPT, Aachen), as well as the coating of surfaces (Fraunhofer IST, Braunschweig). The tribological analysis (Fraunhofer IWM, Freiburg) involves the establishment of the levels of friction and wear.

Within the MAVO "TriboMan" project, the Fraunhofer IPT investigates the possibility of decreasing the levels of losses through friction in petrol engines by the application of laser-generated surface textures. In addition, a process will be developed designed to transform surface layers in engine





weiterer Prozess soll dazu dienen, durch eine geeignete Laserbehandlung Oberflächenschichten von Motorkomponenten zu funktionalisieren. Dafür wird die Oberfläche so bearbeitet, dass sie der eines »eingelaufenen« Motors entspricht. Auf diese Weise soll die Zahl von Ausfällen in der Einlaufphase reduziert werden.

Die verschiedenen Ansätze zur Funktionalisierung der Oberfläche untersuchen die Projektpartner in einer einheitlichen, dreistufigen Vorgehensweise: Die Fertigungsprozesse werden zunächst auf 2D-Bauteile aufgebracht und hinsichtlich ihrer Funktionalität analysiert. Optimierte Bearbeitungsergebnisse werden in der zweiten Stufe auf realgeometrienähe Bauteile übertragen, um dann die Funktionalität der gefertigten Oberfläche unter realen Belastungsbedingungen zu bewerten. In der letzten Stufe folgen Untersuchungen an einem Motoren-teststand, mit dem sich die Ergebnisse der Fertigungsprozesse im vollständigen Belastungskollektiv eines Ottomotors überprüfen lassen. Im Motorentest werden verschiedene Baugruppen wie Kolben oder Zylinder getestet. Anhand der Testergebnisse sollen später die Fertigungsprozesse für die Serienfertigung von Motorkomponenten erweitert werden, so dass energieeffizientere Ottomotoren mit längeren Laufzeiten gebaut werden können.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Phys. Andreas Janssen  
Telefon/Phone +49 241 8904-446  
andreas.janssen@ipt.fraunhofer.de

components into conditions similar to those after the initial "run-in period" of the engine. This will serve to reduce the number of technical failures within this period.

The different approaches of functionalizing engine part surfaces, which are pursued by the individual Fraunhofer Institutes, all consist of three stages: In the first stage, the manufacturing processes are applied to simplified 2D-geometries and analyzed as to whether they deliver the desired levels of functionality. This analysis involves the measurement of friction coefficients as well as wear analyses. In the second stage, the optimized results are applied to "real component" geometries in order to investigate the functionality of the surfaces under realistic conditions. In the third stage, engine tests are conducted, where demonstrator assemblies (e.g. piston/cylinder) with optimized surface conditions can be tested within the context of a real engine's load duty cycle. Based on the insights acquired, manufacturing processes for mass production can be upgraded to provide petrol engines with higher levels of energy efficiency and longer life cycles.

# LASEROBERFLÄCHENBEHANDLUNG FÜR DEN VERSCHLEISSCHUTZ IM WERKZEUGBAU

## LASER SURFACE TREATMENT FOR WEAR- RESISTANCE IN TOOL AND DIE MAKING

Der Verschleißschutz mit dem Ziel der Kosten- und Materialeinsparung wird für den Werkzeugbau immer wichtiger. Die hergestellten Werkzeuge unterliegen oft einem hohen abrasiven und adhäsiven Verschleiß. Durch Laseroberflächenbehandlungen wie Laserlegieren, -dispargieren und -härten oder das Laserauftragschweißen lassen sich Werkzeuge gezielt an die Art der Beanspruchung anpassen. Der Verschleiß kann damit verringert werden und die Standzeiten der Werkzeuge erhöhen sich deutlich. Das Themenfeld bildet einen Schwerpunkt der Abteilung Lasermaterialbearbeitung am Fraunhofer IPT.

Bei der Laseroberflächenbehandlung lassen sich zwei Arten von Verfahren unterscheiden: Zum einen gibt es Verfahren, bei denen ein Zusatzwerkstoff zugeführt wird, wie das Laserlegieren, -dispargieren und -auftragschweißen. Zum anderen existieren Verfahren, die ohne Zusatzwerkstoff auskommen, wie das Laserhärten und -umschmelzen. Je nach Art und Intensität der Beanspruchung können diese Verfahren lokalen Verschleißschutz bieten.

Beim Laserlegieren und -dispargieren erwärmt der Laser die Werkzeugoberfläche bis zum Schmelzen. Beim Laserlegieren werden verschiedene Zusatzwerkstoffe als Pulver in die Schmelze eingebracht und auch nach dem Erstarren in Lösung gehalten. Im Gegensatz dazu scheiden sich beim Laserdispargieren die eingebrachten Partikel des Zusatzwerkstoffs feindispers in den oberflächennahen Bereichen aus.

Wear protection – saving costs and ensuring a more efficient use of existing material resources – is becoming increasingly important for the tool and die making industry. Tools and dies are often subject to a high level of abrasive and adhesive wear. Laser surface treatment processes such as laser alloying, laser dispersing, laser hardening or laser cladding serve to manufacture tools and dies that are perfectly suited to any specific requirement, reducing wear, and to increase the tools' and dies' lifetime significantly. Wear protection is one of the key concerns of the Department for Laser Material Processing at the Fraunhofer IPT.

There are two types of laser surface treatment processes: those such as laser alloying, laser dispersing and laser cladding where an additive material is inserted, and those such as laser hardening and laser remelting where no additive materials are required. Depending on the type and intensity of the mechanical stress to which the tool or die will eventually be subjected, these processes can provide a certain level of localized wear protection.

In the laser alloying and laser dispersing process, the laser beam heats up the surface of the part until it reaches melting point. In the laser alloying process several additive materials are inserted as powders in the melt and kept in solution even after solidification. In the laser dispersing process in contrast, the inserted powder particles precipitate, finely dispersed, in the areas near the surface.



Bereits im September 2008 initiierte das Fraunhofer IPT das EU-Projekt »CURARE« (Förderkennzeichen: 222317), an dem Forschungseinrichtungen, Werkzeughersteller und Anwender aus ganz Europa teilnehmen. Ziel des Projekts ist es, das Prozessverständnis für das Laserlegieren zu erweitern und das Verfahren in Kombination mit einer anschließenden Nitrierbehandlung auf Schmiede- und Aluminium-Druckgusswerkzeuge anzuwenden. Die 5-achsige Bearbeitung der Werkzeuge erfolgt vollautomatisiert anhand eines eigens entwickelten CAX-Moduls. Das Fraunhofer IPT baut außerdem eine Anlage zur automatisierten Oberflächenbearbeitung auf.

Das Laserauftragschweißen kann sowohl draht- als auch pulverbasiert durchgeführt werden. So lässt sich nicht nur ein besserer Verschleißschutz erzielen, sondern es können auch Reparaturen an Werkzeugen durchgeführt werden. Das Verfahrensprinzip beruht ebenfalls auf einer Erwärmung der Werkzeugoberfläche mit dem Laser, die hier jedoch nur leicht aufgeschmolzen wird. Der zugeführte Zusatzwerkstoff bildet auf der Oberfläche eine Schweißnaht aus, deren Ausmaß je nach Parametereinstellung variiert.

Die Innovationsallianz »Green Carbody Technologies« ist ein Zusammenschluss der Fraunhofer-Gesellschaft mit mehr als 60 Unternehmen. Ziel ist es, entlang der gesamten Prozesskette der Karosseriefertigung Ressourcen zu sparen. Die Forschungspartner sind namhafte Automobilzulieferer, Werkzeughersteller sowie die Audi AG und die Volkswagen AG. In einem Teilprojekt dieser Allianz entwickelt das Fraunhofer IPT 5-achsige Bearbeitungsstrategien, um die Aktivflächen der Werkzeuge mit Verfahren der Laseroberflächenbehandlung lokal zu reparieren und zu optimieren.

The Fraunhofer IPT initiated the EU project "CURARE" back in September 2008 (contract number: 222317), procuring support from research institutions and tool and die makers as well as their customers from all over Europe. The task of the project is to improve the process know-how concerning the laser alloying process and to enable the process in combination with a subsequent nitriding for forging dies and aluminium die-casting tools. The 5-axial treatment of the tools and dies is fully automatic, thanks to a purpose-built CAX module. Furthermore, the Fraunhofer IPT is assembling a handling system for automatic surface treatment.

There are two forms of laser cladding, wire-based and powder-based, both ensuring higher levels of wear protection and allowing tool and die repairs to be performed. The laser beam is again used to increase the temperature of the tool or die surface, but only to the point where it becomes lightly melted. The additive material forms a welding seam on the surface, which dimensions can be varied by the parameters applied.

The "Green Carbody Technologies" innovation alliance is a joint venture of the Fraunhofer-Gesellschaft and more than 60 industrial corporations. The goal is to find solutions of using fewer resources along the entire process chain of bodywork production. The alliance features leading suppliers of the automotive industry and tool and die makers as well as Audi AG and Volkswagen AG. In a sub-project of this alliance, the Fraunhofer IPT is currently exploring 5-axial treatment strategies with a view to using laser technologies for local repairs and optimizations of the tools' and dies' active surfaces.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Daniel Heinen  
 Telefon/Phone +49 241 8904-443  
[daniel.heinen@ipt.fraunhofer.de](mailto:daniel.heinen@ipt.fraunhofer.de)

# ENTWICKLUNG VON CAM-MODULEN FÜR OPTIMIERTE FRÄSPROZESSE

## DEVELOPMENT OF CAM MODULES FOR OPTIMIZED MILLING PROCESSES

Rechnerunterstützte Fertigung (CAM) bildet einen integralen Bestandteil des automatisierten Fräsprozesses. Die Leistungsfähigkeit der CAM-Software spielt im Hinblick auf die Prozessergebnisse heute oft schon eine wichtigere Rolle als die Fräsmaschine selbst. Ziel der Abteilung »CAX-Technologien« am Fraunhofer IPT ist deshalb die Erforschung und Entwicklung innovativer CAM-Technologien einschließlich der Prozessmodellierung, Verbesserung der Leistungsfähigkeit von CNC-Maschinen und Einbindung von Expertenwissen.

Das Fraunhofer IPT optimiert die simultane 5-Achs-Bearbeitung für das Fräsen komplexer Bauteile wie Profile von BLISKs und Triebwerksschaufeln oder komplizierter Strukturen in Werkzeugen und Formen. Die Forschungsarbeiten über komplexe Fräsprozesse umfassen die Entwicklung spezialisierter CAM-Lösungen mit dem Ziel, optimierte Fräsprozesse vollständig in der CAM-Software abzubilden. Diese Anforderung tragen auch die Projektpartner des Innovationsclusters »Integrative Produktionstechnik für energieeffiziente Turbomaschinen – TurPro« an das Fraunhofer IPT heran. Die Aufgabe ist daher, die Fräsprozesse der Partner zu verbessern und die optimierten Prozessstrategien in eigens entwickelte CAM-Module zu überführen. Die spezialisierten Module sollen dann in die bestehende Softwareumgebung »CAX-Framework« integriert werden.

Um dies zu erreichen, setzt die Abteilung »CAX-Technologien« auf einen zweistufigen Ansatz: In einem ersten Schritt entwickelte das Fraunhofer IPT das Grundgerüst mit notwendigen

Computer Aided Manufacturing (CAM) software is the integral part of automatic milling processes. As per state of the art, the CAM software is such important that the results of the milling process are totally dependent on its performance – the milling machines play, in most cases, a secondary role. The research and development for CAM technology – including the process modeling, the CNC machine capabilities and integrating the expert knowledge – are the key objectives of the ”CAX Technologies” department.

The optimization of simultaneous 5-axis machining processes for milling of complex parts – such as airfoils in BLISKs and blades or complex features in dies and molds – is the area into that Fraunhofer IPT is strongly engaged. The development of CAM modules has been integrated into the research on complex milling processes with the objective to build up the optimized milling processes in the CAM software. This is also the major specification defined by the partners in the Fraunhofer Innovation Cluster ”TurPro”. The project partners require optimization of their in-house milling processes and implementation of optimized process strategies into the specialized CAM module for an integrated usage in their existing software environment.

In order to achieve these objectives, the ”CAX Technologies” department has adopted a two-stage-approach: In the first stage, the primary research and development have been done during the implementation of the software environment ”CAX-Framework”. In the second stage, the developments





Algorithmen für die Implementierung der Softwareumgebung »CAx-Framework«. Im zweiten Schritt folgten Entwicklungsarbeiten, die speziell die jeweiligen Prozessanforderungen der Projektpartner in den Mittelpunkt stellten. Das »CAx-Framework« dient hier als einheitliche Softwareplattform, die die grundlegenden Komponenten und Algorithmen zur Implementierung der Softwaremodule für die einzelnen Prozesse der Projektpartner bereitstellt. Diese komplexe, aber sehr flexible Softwareumgebung entwickelte das Fraunhofer IPT mit der Unterstützung der Aachener ModuleWorks GmbH.

Die Entwicklung der CAM-Module konzentriert sich in erster Linie auf die Planung der Werkzeugbahnen, um optimale Prozessbedingungen und eine kollisionsfreie Werkzeugbewegung auf dem Werkstück zu gewährleisten. Die Leistungsfähigkeit der CAM-Strategien prüft die Software »NCProfiler«, die das Fraunhofer IPT eigens zur Optimierung der errechneten Werkzeugbahnen entwickelt hat. Weitere Anhaltspunkte liefert die Simulation der Maschinenkinematik und des Fräsprozesses basierend auf den Materialabtragsmodellen. Die Ergebnisse der simulationsunterstützten Verifizierung fließen wieder in die Optimierung der CAM-Module ein. Auf diese Weise werden die entscheidenden Aspekte der automatisierten Fertigungsprozesse laufend analysiert, verbessert und in die Entwicklung der auf die Kundenbedürfnisse zugeschnittenen CAM-Module einbezogen.

#### **Kontakt/Contact**

Riaz Ur-Rehman M.Sc. Engr.  
Telefon/Phone +49 241 8904-424  
riaz.ur-rehman@ipt.fraunhofer.de

Monika Mallok M.A.  
Telefon/Phone +49 241 8904-409  
monika.mallok@ipt.fraunhofer.de

are made on top of the "CAx-Framework" with specialized focus on the processes of the project partners. The "CAx-Framework" is a software that serves the purpose of a platform, providing the basic components and algorithms for implementation of the CAM modules for relevant processes. This complex but flexible functionality has been developed at Fraunhofer IPT in cooperation with ModuleWorks GmbH.

The development of CAM modules strongly focuses on the toolpath planning in order to establish optimized process conditions and a collision-free movement of the tool on the machined workpiece. The performance of the CAM software is verified by the analytical evaluation of the calculated toolpaths by the in-house developed software "NCProfiler", simulation of CNC machine kinematics and simulation of the milling process using material removal simulation model. The results of analytical verifications and simulations provide feedback for the optimization of algorithms during the development process of the CAM module. In this way, the decisive aspects of the automatic manufacturing process are analyzed and optimized, simultaneously resulting in the technology integration into the CAM software.

## DURCHGÄNGIGE CAX-PROZESSKETTE ZUR BAUTEILREPARATUR

### INTEGRATED CAX PROCESS CHAIN FOR REPAIR OF COMPONENTS

Im Fraunhofer-Innovationscluster »Integrative Produktionstechnik für energieeffiziente Turbomaschinen – TurPro« (siehe Seite 48) erarbeitet das Fraunhofer IPT eine durchgängige Prozesskette zur Integration von CAX-Technologien in die Herstellungs- und Reparaturprozesse von Turbinenkomponenten wie BLISKs und Turbinenschaufeln. Dies erfordert die Entwicklung spezieller Softwaremodule für das Laserscannen beschädigter Bauteile, für das Laserauftragschweißen als Materialauftragsprozess und für das rekonturierende Fräsen reparierter Bauteile.

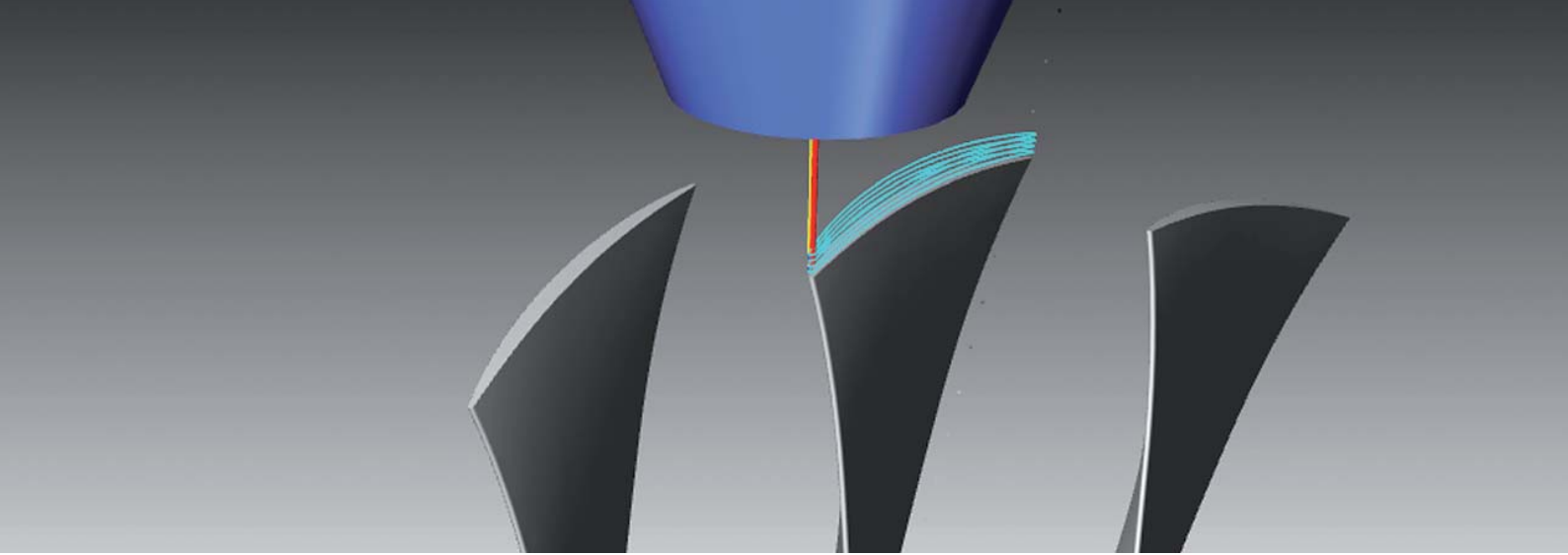
Die Prozesskette zur Reparatur von Turbinenkomponenten besteht aus einer Abfolge autonomer Prozesse, die großes Potenzial zur Integration und Automatisierung bergen. Für dieses Ziel wird eine modulbasierte Softwarelösung entwickelt, die die Scandaten beschädigter Bauteile anhand des Soll-Modells analysiert und als Basis für die Vorbearbeitung verwendet. Später wird der Reparaturbereich durch Laserauftragschweißen bearbeitet und abschließend durch Fräsen oder Schleifen rekonturiert. Die einzelnen Schritte des Reparaturprozesses werden nun in einer einzigen Prozesskette zusammengefasst. Das durchgängige Datenmanagement innerhalb der Prozesskette ist durch ein einheitliches System von CAM-Modulen sichergestellt und spiegelt sich in der leichten Bedienbarkeit der modulübergreifenden grafischen Benutzeroberfläche wider.

Within the scope of the Fraunhofer Innovation Cluster "TurPro", the Fraunhofer IPT is developing a consistent process chain for integration of computer-aided technologies (CAX) into the processes for production and repair of turbo components like BLISKs and turbine blades (see page 48). Specialized software modules are needed to be developed for the laser scanning of damaged parts, the laser metal deposition for part refurbishment, and the machining for recontouring of components.

The repair process chain for turbine components consists of a number of autonomous processes with high potential for integration and automation. This objective requires the development of software solutions for data analysis of the damaged components, which provides the basis for repair by laser metal desposition, followed by recontouring processes like milling or grinding. These individual steps within the repair process are unified in one process chain. An integrated data management is achieved by a unified system of CAM modules and brought forward by the harmonized Graphical User Interface (GUI).

The CAX Technologies department at Fraunhofer IPT contributes to the establishment of the repair process chain by developing of customer-specific, and flexible and simulation-supported CAM modules for each of the identified processes.





Die Abteilung »CAx-Technologien« des Fraunhofer IPT hat sich das Ziel gesetzt, die einzelnen Schritte der Reparaturprozesskette durch flexible, individuell an die jeweilige Aufgabe des Kunden angepasste CAM-Module abzubilden und zu simulieren. Diese spezialisierten Softwaremodule können in die eigens zu diesem Zweck entwickelte Softwareplattform »CAx-Framework« eingebunden werden, die einen durchgängigen Datenfluss innerhalb der Prozesskette gewährleistet.

Das »CAx-Framework« integriert die grundlegenden Methoden und Algorithmen zur Planung der jeweiligen Werkzeugpfade in die standardisierten CAM-Umgebungen. Außerdem stellt es sicher, dass der Informationsaustausch zwischen den Prozessen ebenso reibungslos abläuft wie die Interaktion mit dem Anwender. Jedes der einzelnen CAM-Module lässt sich anhand der bedienerfreundlichen Benutzeroberfläche auf unterschiedliche Bearbeitungsstrategien ausrichten, um auch komplexen Aufgaben gerecht zu werden.

Die bisherigen Ergebnisse werden bereits von Industriepartnern eingesetzt und stetig weiterentwickelt. Als übergeordnete Ziele gelten kürzere Prozesszeiten, eine höhere Prozessstabilität sowie Fertigungsgenauigkeit und damit auch sinkende Produktionskosten.

#### **Kontakt/Contact**

Yuan Liu M.Sc.  
Telefon/Phone +49 241 8904-442  
yuan.liu@ipt.fraunhofer.de

Monika Mallok M.A.  
Telefon/Phone +49 241 8904-409  
monika.mallok@ipt.fraunhofer.de

Those software modules are integrated into the in-house developed software environment "CAx Framework" with high focus on the consistent data flow within the entire process chain.

The "CAx Framework" integrates the fundamental methods and primary toolpath planning algorithms into standard CAM software environments. Furthermore, the coordination of the information exchange between the integrated processes as well as handling of user interactivities are provided. In this way, each specialized CAM module within the process chain may adopt different strategies and configure particular patterns of usage in order to achieve qualified task accomplishment, conducted through a user friendly graphic interface.

The scored results are verified and industrialized by project partners, focussing the constant improvement in shorter processing time, higher process stability and precision with lower manufacturing costs.

# **FLEXIBLES LASERUNTERSTÜTZTES STANZEN VERSCHIEDENER SCHNITTKONTUREN**

## **FLEXIBLE LASER-ASSISTED PUNCHING OF DIFFERENT CUTTING GEOMETRIES**

Mit einem neuen laserunterstützten Scherschneidverfahren erzielt das Fraunhofer IPT erstmals beim Stanzen von Grobblechen mit Blechdicken ab drei Millimetern durchgängige Glattschnittanteile im Normalschneidverfahren. Zudem lassen sich mit dem hybriden Verfahren im Vergleich zum Normalschneiden Schneidkräfte reduzieren sowie geringere Geräuschemissionen erzielen. Der Schnittschlag und die Kanteneinzüge werden hier deutlich verringert. Das Fraunhofer IPT entwickelte und optimierte nicht nur die erforderlichen Prozesse, sondern erarbeitete auch robuste Lösungen zur Lasersystemintegration in vorhandene Stanzmaschinen.

Das Verfahrensprinzip des laserunterstützten Scherschneidens beruht auf einer gezielten Werkstoffenerwärmung durch lokale Absorption von Laserenergie auf der Blechunterseite kurzzeitig vor dem Werkzeugeingriff des Schneidstempels auf der Blechoberseite. Die laserinduzierte Erwärmung entfestigt den Werkstoff innerhalb weniger Zehntelsekunden in der Scherzone des Werkstückinneren, so dass sich das Fließvermögen des Werkstoffs im Bereich der Druck- und Zugspannungen während des Scherschneidens (Normalschneiden) erhöht. Das verhindert Rissbildungen zwischen den Korngrenzen des Werkstoffgefüges, die sonst zur frühzeitigen Bruchphase führen, so dass der Glattschnittanteil maximiert wird. Die bisherige Prozessentwicklung beschränkte sich auf das Scherschneiden kreisrunder Stanzlöcher und basierte auf einer flächigen Bestrahlung der Blechunterseite.

The Fraunhofer IPT has developed a hybrid laser-assisted shearing process which enables conventional punching machines to produce punched sheared edges with continuous flush-cut surfaces in plates with a thickness of at least 3 mm. Cutting forces and noise emissions are much lower than in conventional punching processes. The machine vibrations as well as the plastic deformation of sheet metal plates can be minimized significantly. The Fraunhofer IPT also designed robust solutions for the integration of laser system technology into punching machines.

The principle of the laser-assisted shearing process is based on briefly and selectively heating the material in the shearing zone via local absorption of laser radiation on the underside of the sheet metal plate before the punching tool comes into contact on the upper side of the metal plate. Laser-induced heating softens the material in the shearing zone within the material within a few tenths of a second. By this, any fissuring that may later cause full fractures can be avoided, and the flush-cut ratio of the separation surface is maximized. The previous process was restricted to the punching of holes with diameters of 6.5 mm and an indiscriminate laser irradiation of the plate's bottom surface.

During the current InnoNet project "Hybrid-Punch" (contract number: IN-7026), these process results have been transferred to the flexible laser-assisted punching of various hole



Im aktuellen InnoNet-Verbundprojekt »Hybrid-Punch« (Förderkennzeichen: IN-7026) wurden die Prozessergebnisse der flächigen Bestrahlung auf das konturflexible Scherschneiden übertragen. Dazu wurde ein Laserscannersystem in eine C-Gestell-Stanz-/Nibbelmaschine integriert, um unterschiedliche Laserbrennfleck-Konturen entsprechend den Stanzgeometrien schnell und einfach auf der Blechunterseite zu variieren. Das Lasersystem befindet sich unterhalb des Matrizen-Spannsystems der Stanzmaschine. Dies verhindert eine Beeinträchtigung des Arbeitsraums sowie des automatisierten Werkzeugwechsels und gewährleistet eine flexible Blechbearbeitung in einer Aufspannung. Zusätzlich zur Systemintegration in eine Stanz-/Nibbelmaschine wird auch eine Exzenterpresse mit der neuen Technologie für den industriellen Piloteinsatz aufgerüstet. So lässt sich das neue Verfahren nicht nur zur flexiblen Blechbearbeitung kleiner Serien, sondern auch für die Großserienfertigung einsetzen.

Mit dem laserunterstützten Scherschneiden von 3 mm dicken Federstahlblechen lässt sich ein Glattschnittanteil von 100 Prozent der Blechdicke erzielen. Die Schneidkräfte nehmen dabei bis zu 80 Prozent ab. Bei der Bearbeitung von V2A-Edelstahlblechen und Titanblechen (TiAl6V4) wird ein Glattschnittanteil von rund 90 Prozent erreicht. Selbst beim Schneiden einer V2A-Blechdicke von 8 mm lässt sich noch ein Glattschnittanteil von etwa 75 Prozent erzielen.

#### **Kontakt/Contact**

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

geometries. For this purpose, a laser scanner system has been integrated into a punching machine, allowing the fast and easy adjustment of the laser spot geometry according to the cutting hole geometry of the sheet plate. The laser scanner system is attached underneath the clamping system of the cutting plate (matrice). This protects the working space and the automated tool change system from being adversely affected by the integrated laser system technology, allowing the flexible processing of sheet metal plates within a single setup. An eccentric press has also been equipped with the new technology. This "industrial pilot scheme" serves to prepare the new technology for its eventual use in mass production facilities.

Laser-assisted punching of spring steel plates with a material thickness of 3 mm leads to flush-cut surface ratios of 100 % and to a reduction of cutting forces by 80 %. When processing stainless steel plates (1.4301) and titanium alloys (TiAl6V4) with a strength of 3 mm, an increase in the flush-cut surface ratio of 90 % is feasible. The achievable maximum flush-cut surface ratio when punching 8 mm thick stainless steel plates (1.4301) is approx. 75 %.

# SONICFINISH – ULTRASCHALLUNTERSTÜTZTES SUPERFINISHING

## SONICFINISH – ULTRASONIC-ASSISTED SUPERFINISHING

Das Superfinishing kommt als abschließender Prozess bei der Bearbeitung zylindrischer Präzisionsbauteile zum Einsatz. Der Abtrag erfolgt dabei mit abrasiven Stein- und Bandwerkzeugen. Um den Prozess kostengünstiger zu gestalten, arbeitet das Fraunhofer IPT in einem Verbundprojekt an der Überlagerung des Prozesses mit einer Ultraschallschwingung. Ziel ist eine kompakte, adaptive Systemeinheit, die erstmals das Ultraschall-Superfinishing von Präzisionskomponenten erlaubt.

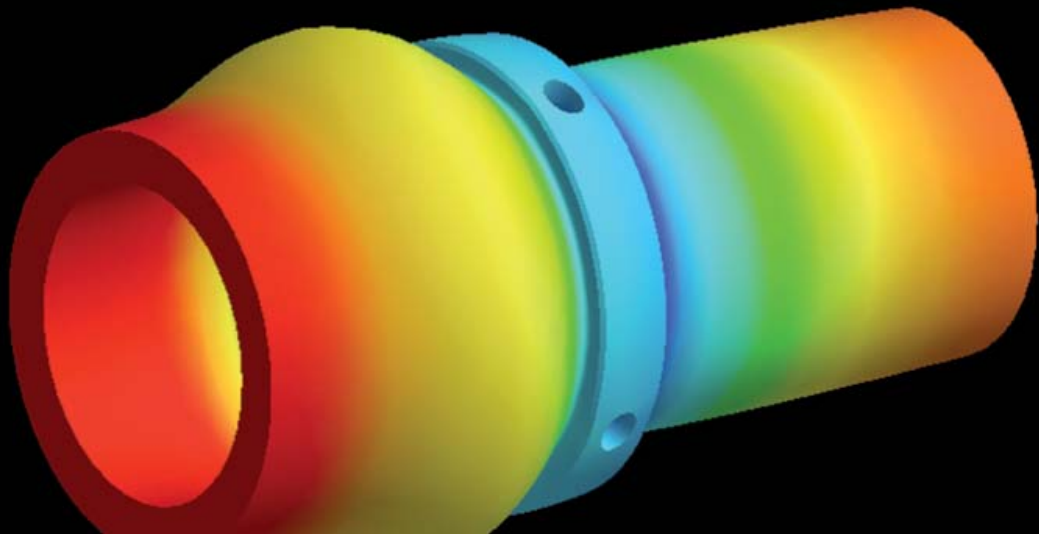
Das Projekt »SonicFinish« (Förderkennzeichen: 16IN-0541) wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im InnoNet-Programm gefördert. Das Projektkonsortium besteht neben einem weiteren Forschungsinstitut aus potenziellen Endanwendern sowie Maschinen-, Werkzeug- und Softwareherstellern. Das Projekt fokussiert erstmalig auf die Erweiterung des Superfinishings mit einer Ultraschallschwingung zu einem Hybridprozess. Das Ziel ist es, am Beispiel der Bearbeitung zylindrischer Präzisionsbauteile höhere Abtragsraten bei niedrigerem Werkzeugverschleiß zu erreichen.

Beim ultraschallunterstützten Superfinishprozess wird der konventionellen Prozesskinematik eine hochfrequente Longitudinalschwingung des Werkzeugs überlagert. Das dafür erforderliche integrierte Schwingensystem besteht aus einem Ultraschallerzeuger und speziell berechneten Schwingern, die mit dem Superfinishwerkzeug fest verbunden sind. Dieses

In the process chain of machining cylindrical precision components, superfinishing is the final link. This machining is performed with abrasive stone or belt tools. In order to make this superfinishing process more economically viable, the Fraunhofer IPT is currently developing an ultrasonic-assisted superfinishing process as one member of a joint project. The project focuses on the development of a compact, adaptive system device that would allow the ultrasonic-assisted superfinishing of precision components.

The project »SonicFinish« (contract number: 16IN-0541) is funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) as part of the InnoNet-program. The project consortium consists of another science institute, prospective end users and manufacturers of machines, tools and software. The project is the first ever to envisage the enhancement of the superfinishing process with ultrasonic assistance. It aims to decrease tool wear and increase abrasion in the machining of cylindrical precision components.

The ultrasonic-assisted superfinishing process combines the conventional process kinematics with a high-frequency longitudinal oscillation of the tool. The integrated oscillation system consists of a converter and specific oscillators (sonotrodes) which are firmly attached to the superfinishing tool. The system pulsates with an ultrasonic frequency of 20 kHz and an amplitude of up to 25 µm in radial direction to the workpiece. This causes microcracks and tiny fissures on the workpiece



System führt Resonanzschwingungen mit Amplituden bis zu 25 µm radial zum zylindrischen Werkstück mit einer Ultraschallfrequenz von 20 kHz aus. Bei harten Materialien kommt es zur Bildung von Mikrorissen an der Werkstückoberfläche, die den Materialabtrag erleichtern. Zusätzlich wird durch eine verbesserte Spülwirkung am Werkzeug der Werkzeugverschleiß verringert.

Das Fraunhofer IPT legt die Schwingssysteme aus und entwickelt Prüfstände sowohl zur Validierung dieser Systeme als auch zur prozesstechnologischen Erprobung des ultraschallunterstützten Superfinishings. Darüber hinaus wird eine praxistaugliche, ultraschallunterstützte Superfinisheinheit konstruiert und aufgebaut. Die Projektergebnisse, die das interdisziplinäre Projektteam erarbeitet, sollen später die Wettbewerbssituation der Maschinen-, Werkzeug- und Softwarehersteller in Deutschland verbessern.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Sophia Hannig  
Telefon/Phone +49 241 8904-147  
sophia.hannig@ipt.fraunhofer.de

surface, especially on hard and brittle materials. As a result of these effects, the abrasion rates are increased, and the level of tool wear is reduced.

The Fraunhofer IPT designed the oscillation system, developed test benches for system validation and systems to conduct process analyses. The project will be completed with the construction of an adaptive ultrasonic-assisted superfinishing device for practical application. It is hoped that the results of the project will increase the competitiveness of the German engineering, tool and software industries.

# PRO-LA-SYS – INTEGRIERTE INTELLIGENTE LASERSYSTEMTECHNIK

## PRO-LA-SYS – INTEGRATED INTELLIGENT LASER SYSTEMS TECHNOLOGY

Die Lasertechnik gehört mit zahlreichen neuen Anwendungen, etwa in der Messtechnik oder in der Materialbearbeitung, zu den wichtigsten Technologietreibern in Deutschland. Die enormen Wachstumspotenziale in der Kilowatt-Lasermaterialbearbeitung können sich jedoch zurzeit noch nicht entfalten, da die ständige Verfügbarkeit von Laserproduktionsanlagen hohe Kosten verursacht und ihr Betrieb ein weitgehendes Spezialwissen voraussetzt.

Produktionsausfälle treten besonders häufig dann auf, wenn in einem Lasersystem gleich mehrere Komponenten fehlerhaft arbeiten. Dies führt zu zeitaufwändigen manuellen Wartungsarbeiten, um Fehler zu suchen und zu beheben. Bei CO<sub>2</sub>-Lasern muss beispielsweise jede optische Komponente des Laserstrahlführungssystems, vor allem der mitbewegten Umlenkspiegel – der so genannten »Fliegenden Optiken« – einzeln ausgebaut, überprüft und, falls erforderlich, gereinigt oder erneuert werden. Zudem lässt sich die ursprüngliche Ausrichtung der wieder eingebauten Komponenten nicht vollständig wiederherstellen. Die Folge ist eine zeitintensive iterative Feinjustage der optischen Komponenten, die Produktionsausfälle mit hohen Kosten mit sich bringt.

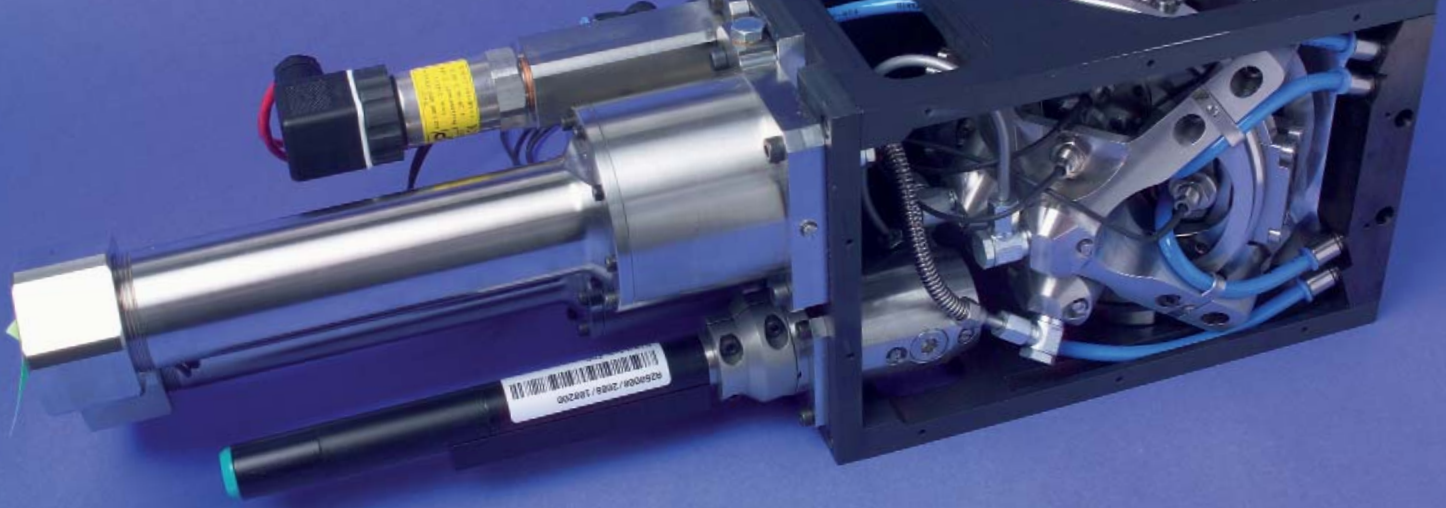
Im InnoNet-Verbundprojekt »Pro-La-Sys« (Förderkennzeichen: IN-5601) entwickelte das Fraunhofer IPT eine selbstdiagnostizierende intelligente Lasersystemtechnik für CO<sub>2</sub>-Lasermaterialbearbeitungsportale mit vergleichsweise großen Verfahrenswegen. Diese erfasst die Betriebszustände sämtlicher Lasersystem-

Laser technology with its numerous innovative applications such as metrology or laser material processing, is one of the key technology drivers in Germany. The high costs required to ensure the availability of laser production systems and the need for highly specialized experts in the field of laser technology (who must operate these systems) significantly restrict the enormous growth potentials in the area of kilowatt laser material processing.

Production downtimes are mostly the result of several faulty process parameters that affect the laser system components. The search for the cause of, and solution to, the problem requires the time-consuming manual maintenance of the optical components: each beam guidance component must be individually dismantled, checked, cleaned and/or replaced. And it is still not guaranteed that such an operation can recreate the exact original alignment. This in turn, entails lengthy, iterative readjustments to the laser beam guidance components. These production downtimes significantly increase the overall costs.

Within the joint research project "Pro-La-Sys" (contract number: IN-5601), the Fraunhofer IPT is developing self-diagnosing laser system technology which can monitor the process parameters of all the laser system components of CO<sub>2</sub> laser production systems with large ranges of travel. The intelligent system technology then diagnoses the correlated laser beam parameter responses and initiates appropriate





komponenten, diagnostiziert die korrelierten Auswirkungen auf die Laserstrahlparameter und leitet präventive Servicemaßnahmen ein. Das System verfügt über eine neue automatisierte Strahlführungsjustage in Form aktiver Umlenkspiegelmodule mit hohem Stellwinkelbereich bei gleichzeitig maximaler Auflösung. Diese modular integrierbare Lasersystemtechnik erlaubt es, CO<sub>2</sub>-Laserschweißanlagen zu hochverfügbaren, selbstdiagnostizierenden Laserkomplettsystemen mit integrierten, intelligenten Sensor-Aktor-Systemen aufzubauen.

Um auch unter den eingeschränkten Platzverhältnissen in heute üblichen Laserbearbeitungsportalen einen großen Stellwinkelbereich der Laserumlenkspiegel und gleichzeitig eine hohe Auflösung zu erzielen, setzt das Fraunhofer IPT auf Aktoren, die durch ein hydrostatisches System erweitert werden. Bei den Antriebseinheiten zum Kippen der Spiegel handelt es sich um hochpräzise Piezo-Aktoren. Die Spiegel-Translation wird durch Mikro-Schrittmotoren sichergestellt. Mit der hydrostatischen Verbindung zwischen Antriebs- und Aktorseite wird der Stellweg über- oder untersetzt. Die Spiegelverkipfung und die Spiegel-Translation werden anhand neuer FEM-optimierter Festkörpergelenke gelagert.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Joffrey Stimpfl  
 Telefon/Phone +49 241 8904-470  
[joffrey.stimpfl@ipt.fraunhofer.de](mailto:joffrey.stimpfl@ipt.fraunhofer.de)

preventive measures. The laser system also features a new automated beam guidance adjustment device based on active reflector modules adjusting with a large angular adjustment range at maximum resolution. It is now possible to upgrade CO<sub>2</sub> laser welding systems using this modular laser system technology to create high availability self-diagnosing laser systems with integrated intelligent sensor-and-actor systems.

In order to achieve a large optical travel range in addition to a high resolution and to make best use of the available space in existing laser production systems, high precision actuators were used in combination with a hydrostatic system. High precision piezoelectric actuators were applied to tilt the mirrors while a stepper motor translated the plane mirror. The travel is alternatively amplified or reduced by means of the hydrostatic connection between the piezoelectric unit or stepper motor and the actuator unit. The bearing of the plane mirror is realized by FEA-optimized flexure hinges for the tilting and the translation of the mirror.

## ERANET-OPTICALSTRUCT – MIKROSTRUKTURIERUNG VON FREIFORMFLÄCHEN

### ERANET-OPTICALSTRUCT – MICROSTRUCTURING OF FREEFORM SURFACES

Mit Leuchtdioden (LED) lassen sich innovative Beleuchtungslösungen entwickeln – von Scheinwerfern für Kraftfahrzeuge bis hin zu miniaturisierten Display-Beleuchtungen. In beiden Fällen kommen aufwändige Kunststoffoptiken zum Einsatz, oft auch hybride Optiken, die Freiformflächen mit Mikrostrukturen kombinieren. Mit solchen Kombinationen aus refraktiven und diffraktiven Elementen lassen sich Kosten sparen und gewichtsreduzierte optische Systeme fertigen.

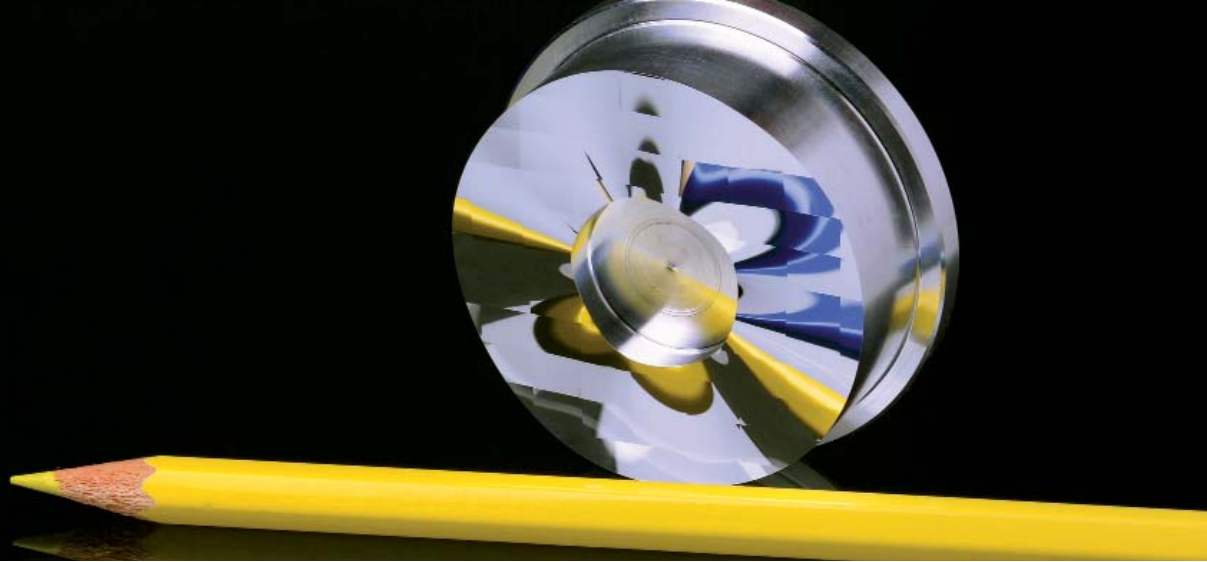
Das Forschungsprojekt »ERANET-OPTICALSTRUCT« (Förderkennzeichen: 02 PG 2623) hat einen wichtigen Beitrag dazu geleistet, hybride Optiken für innovative Beleuchtungskonzepte herzustellen: Ziel des Projekts war eine optimierte Prozesskette, beginnend mit dem Optikdesign über die flexible Fertigung von Formeinsätzen durch Diamantzerspanung bis hin zur Replikation und Charakterisierung der gefertigten Produkte. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) betreut. An den Entwicklungen beteiligt war ein europäisches Industriekonsortium.

Die Ultrapräzisionsbearbeitung mit Diamantwerkzeugen ist – neben dem Replikationsprozess – die Schlüsseltechnologie zur Herstellung hybrider Optiken und der dazugehörigen Formeinsätze. Allerdings sind an der bestehenden Maschinen- und Prozesstechnik noch Optimierungen erforderlich, um hybride Optiken robust fertigen zu können. Zu diesem Zweck integrierte das Fraunhofer IPT ein hybrides Fast-Tool-Servo-

LED technology allows the development of many new lighting systems, for example headlights for automobiles or miniaturized illumination systems for display applications. Both applications require highly sophisticated polymer optics, often involving a combination of freeform surfaces and microstructures. By combining diffractive and refractive functions to establish such "hybrid" optical systems, the products can be reduced in weight and become at the same time more cost-effective.

The research project »ERANET-OPTICALSTRUCT« (contract number: 02 PG 2623) has made an important contribution to the development of innovative lighting solutions that are based on hybrid optics. The project aimed to improve the whole process chain from with the optical design via the flexible machining of molds by diamond cutting to the manufacturing and characterization of the replicated product. The project was sponsored by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and managed by the Karlsruhe Institute of Technology (KIT). The development effort involved the participation of an European industry consortium.

Besides the replication process, the technique of ultra-precision machining with diamond cutting tools is the key technology in the production of hybrid optics and the corresponding molds. The ultra-precision machining systems, however, as well as the process technology needed to be improved before they were suitable for the production of hybrid optics. For this purpose, a



System (FTS) in eine Ultrapräzisionsdrehmaschine. Das hybride FTS verbindet eine langhubige, dynamische Achse mit einem hochdynamischen FTS. Der Freiformflächenanteil der hybriden Optik wird durch die langhubige Achse gefertigt. Gleichzeitig produziert das hochdynamische FTS die Mikrostruktur. Das Fraunhofer IPT hat dazu ein piezobetriebenes FTS mit einem neuen Werkzeugführungssystem entwickelt, das auf Festkörpergelenken basiert. Es umfasst ein Massenausgleichs- und ein Dämpfungssystem.

Die Regelung des hybriden FTS nutzt so genannte Field-Programmable-Gate-Arrays für minimale Latenzzeiten in der Positionsregelung. Dies erlaubt Taktfrequenzen bis zu 1 MHz. Weitere Verbesserungen in der Solldatenverarbeitung vermeiden Umwandlungen von CAD-Daten, so dass das originale Datenformat der Freiformflächengeometrie beibehalten und die Genauigkeit verbessert wird.

Der Prozess der Mikrostrukturierung mit Diamantwerkzeugen zum Erzeugen von Nutstrukturen mit optischer Oberflächen-güte wurde im Projekt eingehend untersucht: Feinkristalline oder amorphe Materialien wie Nickel-Phosphor-Schichten kamen bei der Fertigung von Nuten mit Abmessungen im Bereich weniger Mikrometer zum Einsatz. Optimierte Fertigungsstrategien erlauben nun die Fertigung gratfreier V-Nuten mit höchster Präzision. Das neue Maschinensystem und das gewonnene Prozessverständnis stehen damit zur Fertigung hybrider Optiken und funktionaler Mikrostrukturen für optische Anwendungen und für die Biotechnologie zur Verfügung.

new ultra-precision turning machine with an integrated hybrid Fast Tool Servo (FTS) was developed. The hybrid FTS combines a long stroke dynamic axis with a highly dynamic FTS. The freeform surfaces of the hybrid optics are machined by the long stroke axis while the FTS is simultaneously producing the microstructures. For this application, the Fraunhofer IPT developed a piezo driven FTS with an innovative tool guiding system which is based on flexures and incorporates mass-compensation and damping systems.

The control system of the hybrid FTS is using FPGA (Field Programmable Gate Array) technology for the feedback control and achieves minimal latency. Position clock rates of up to 1 MHz are now possible. Further improvements in the control unit protect the CAD data format from inadvertent changes, preserving the original setpoint geometry of freeforms as long as possible and enhancing the accuracy.

Furthermore, it was examined whether the microstructuring process was capable of generating groove structures in optical surface qualities. Fine crystalline or amorphous materials such as Nickel-Phosphorus (NiP), were used to machine precise v-grooves in the micrometer range. Improved machining strategies now allow the high-precision machining of burr free v-groove structures. The new machine system and process technology is now available for the machining of micro-structured freeform surfaces and functional microstructures in the field of optics or biotechnology.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Arne Matrose  
Telefon/Phone +49 241 8904-155  
arne.matrose@ipt.fraunhofer.de

# REPLIKATION VON FREIFORMFLÄCHEN- OPTIKEN DURCH KUNSTSTOFFSPRITZGUSS

## REPLICATION OF FREEFORM OPTICS BY PLASTIC INJECTION MOLDING

Die Anwendung von Kunststoffoptiken mit Freiformflächen bietet sich vor allem in Kombination mit der immer häufiger eingesetzten LED-Technologie für verschiedenste neue Produkte der Beleuchtungstechnik an. Das Fraunhofer IPT befasst sich mit der gesamten Prozesskette zur Herstellung neuer Freiformflächenoptiken. Ziel ist es, Kunststoffoptiken mit Freiformflächen herzustellen, die in Beleuchtungsanwendungen dazu beitragen, Energie zu sparen.

Im Projekt »InnoLight« (Förderkennzeichen: IN-7013) steht die ganzheitliche Betrachtung und Optimierung der Prozesskette zur Replikation neuer Kunststoffoptiken mit Freiformflächen im Vordergrund. Das Projektkonsortium umfasst ein weiteres Forschungsinstitut, das sich mit dem Optik-Design beschäftigt, sowie Unternehmen aus den Bereichen der Oberflächenbeschichtung, der Datenverarbeitung, der Messtechnik sowie künftigen industriellen Anwendern. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im InnoNet-Programm gefördert.

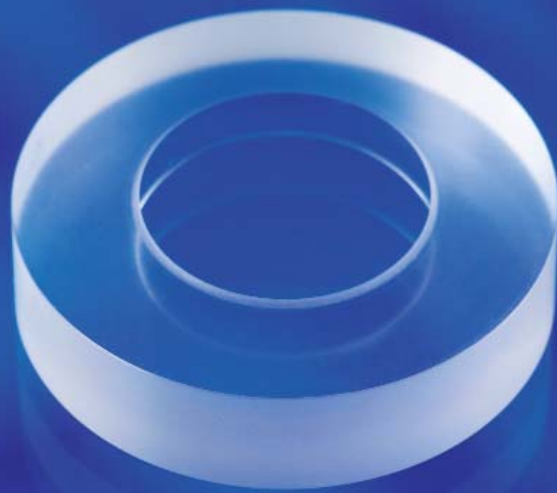
Besondere Bedeutung kommt im Projekt der Optimierung des Spritzgieß- und Spritzprägeprozesses sowie der iterativen Schwindungskompensation durch Modifikation der Werkzeugformeinsätze zu. Dafür entwickelt das Fraunhofer IPT ein Spritzprägestammwerkzeug, das speziell auf die Replikation dickwandiger Kunststoffoptiken mit Freiformflächen ausgelegt ist. Das neue Werkzeug bietet zahlreiche Möglichkeiten, die Eigenschaften der Kunststoffformteile zu untersuchen und zu beeinflussen. Funktionsfähige Prototypen für die Beleuchtung

Polymer optics with freeform surfaces can be used for various innovative products especially in combination with the increasingly used LED technology. The Fraunhofer IPT considers the whole process chain for the production of innovative freeform optics and aims to exploit the energy saving potentials that result from the use of polymer optics with freeform surfaces.

An integrated approach for the optimization of the process chain for the replication of innovative polymer optics with freeform surfaces is pursued in the project "InnoLight" (contract number: IN-7013) which is funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi). The project consortium therefore includes another research institute that works on the optical design, companies from the industries of surface coatings, data processing, and metrology as well as potential end users.

The optimization of the injection (compression) molding process and the iterative shrinkage compensation are important aspects. Hence, Fraunhofer IPT develops a master mold for the injection compression molding process that is specifically designed for the replication of thickwalled polymer optics and that will enable various analyses and possibilities to influence the properties of the polymer optics. Fully functional prototypes for the automotive industry and for the interior lighting of buildings will be produced at the end of the project.

The project "OptiLight" (contract number: 02PO2464) which is funded by the German Federal Ministry of Education and



von Kraftfahrzeugen und zur Innenbeleuchtung von Gebäuden sollen zum Projektende bereitstehen.

Das Forschungsprojekt »OptiLight« (Förderkennzeichen: 02PO2464), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), soll die Potenziale zur Energieeinsparung in der Produktion und Anwendung von Beleuchtungsprodukten erschließen. Partner im Projekt sind ein weiteres Forschungsinstitut sowie verschiedene Industrieunternehmen, die neue, energiesparende Produkte zur Marktreife führen wollen.

Das Fraunhofer IPT entwickelt im Projekt ein Spritzprägewerkzeug, mit dem sich Mikrostrukturen für eine gezielte Lichtlenkung in optische Elemente integrieren lassen. Anhand dieses Werkzeugs lassen sich auch reflektive optische Elemente durch Hinterspritzen reflektierender Folien herstellen. Die Produktion dieser Bauteile ist im Vergleich zu herkömmlichen Verfahrenen besonders energieeffizient.

Die Projektergebnisse fließen in die Entwicklung von Beleuchtungssystemen für die Straßenbeleuchtung und die Werbeindustrie ein.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Philipp Kolb  
Telefon/Phone +49 241 8904-422  
philipp.kolb@ipt.fraunhofer.de

Research (BMBF) concentrates on the exploitation of energy saving potentials in the production and use of lighting products. The project features one other research institute and several industrial corporations which are planning to tap the market potential for energy saving products.

In this project, the Fraunhofer IPT develops a mold for the injection compression molding process that will enable the replication of integrated microstructures which can be used for the realization of new approaches in defined light guiding. The mold will also allow the production of reflective optical elements by back injection molding of reflective films and thereby pave the way for more energy-efficient production processes.

The results of the project will be used for the energy-efficient production and use of lighting systems for street lighting and the advertising industry.



# MINIATURISIERTE SONDEN FÜR DIE OPTISCHE MESSTECHNIK

## MINIATURE PROBES FOR OPTICAL MEASUREMENT INSTRUMENTS

Die Messung kleiner und hochgenau gefertigter Strukturen erfordert miniaturisierte Messsonden, die genau an die jeweilige Prüfaufgabe angepasst sind. Vom Design über das mechanische Konzept bis hin zum Bau und zur Montage bietet das Fraunhofer IPT für zahlreiche Anwendungen passende Sonden für die optische Messtechnik an.

In der modernen industriellen Fertigung, vor allem in der Automobiltechnik, der Mikrosystemtechnik und der Medizintechnik, geht ein starker Trend hin zu immer filigraneren und komplexeren Strukturen. Ein Beispiel für solche Strukturen sind die Spritzlöcher, durch die Kraftstoff in Dieselmotoren unter hohem Druck in die Brennkammer strömt und dort verwirbelt wird. Die Form dieser Bohrungen entscheidet über die Effizienz des Verbrennungsprozesses und damit letztlich über den Kraftstoffverbrauch. Die Herstellung dieser Strukturen mit Durchmessern von nur etwa 100 µm – und weiter abnehmender Tendenz – stellt die Fertigungsmesstechnik vor neue Herausforderungen, die sich mit heute verfügbaren Systemen nicht zufriedenstellend bewältigen lassen.

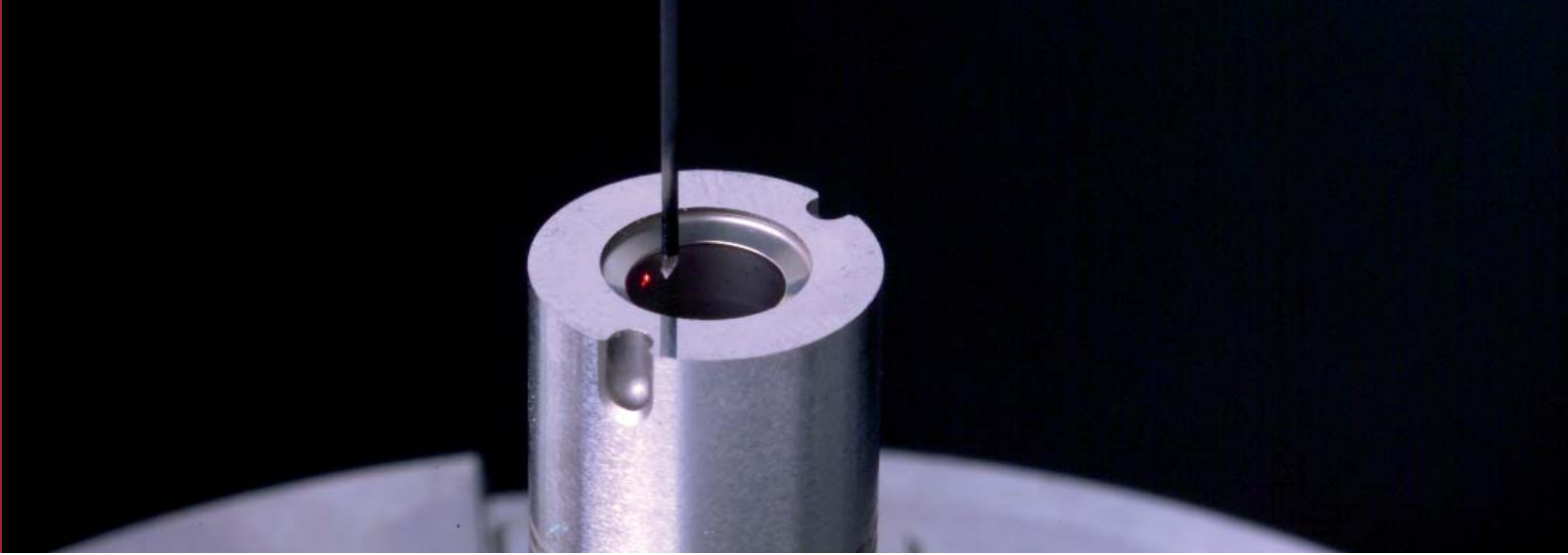
Durch den Einsatz von Lichtwellenleitern als optisches Übertragungsmedium lassen sich die Sonden flexibel in verschiedensten Anwendungen mit erschwerter Zugänglichkeit einsetzen, wie beispielsweise der Messung in Profalnuten oder Maschinenbetten. Indem mehrere verteilte Sonden mit nur einer Auswerteeinheit adressiert werden, lassen sich kostengünstige Vielstellenmesssysteme aufbauen.

Measurements of small structures produced with high-precision manufacturing techniques require miniaturized sensing probes that have been customized to their highly specialized tasks. The Fraunhofer IPT provides a large variety of these probes for different applications of optical metrology, offering services that range from development of mechanical concepts and designs to production and assembly.

The current trends in industrial production – especially in the automotive industry, microsystems technology and medical technology – favor ever more filigree and complex structures. One example for such structures are the sprayholes in diesel engines which serve to increase the pressure on the fuel, forcing it to swirl into the combustion chamber. The shape of these drilled holes has a major impact on the efficiency of the combustion process and, ultimately, on fuel consumption. These structures currently have a diameter of about 100 µm – tendency falling – and confront measurement engineers with challenges they are unable to resolve satisfactorily on the basis of the currently available systems.

By using wave guides as optical transmission medium, the sensing probes can be flexibly used in various applications with reduced accessibility such as profiled grooves or machine beds. Several distributed probes can be addressed by a single evaluation unit, which offers the possibility to realize cost-effective multi-point measurement systems.





Um solche und ähnliche Messaufgaben lösen zu können, entwickelt das Fraunhofer IPT miniaturisierte Sonden. Durch die Kombination von Mikrooptiken und faseroptischen Komponenten können die Sonden heute mit Durchmessern bis zu 80 µm gefertigt werden, jeweils in 0° oder 90°-Konfiguration für die Bohrungsmessung. Zur Montage, Bearbeitung und Konfektionierung von Lichtwellenleitern für faseroptische Komponenten verfügt das Fraunhofer IPT über eine umfassende Geräteausstattung.

Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind neben einer noch stärkeren Miniaturisierung die Integration der Sensorik in Applikationen wie der Rundheits- und Verzahnungsmesstechnik. Zusätzlich arbeitet das Fraunhofer IPT an einer Spezialsonde, die sich in Koordinatenmessgeräten für Anwendungen wie der Asphärenprüfung, Messung der Kühlbohrungen in Turbinenschaufeln oder der Mikrostrukturprüfung einsetzen lässt. Ein weiteres Ziel ist die Erfassung von nicht-geometrischen Größen wie Temperatur, Druck oder Feuchtigkeit mit faseroptischen Sonden.

In order to cope with these and similar measuring tasks, the Fraunhofer IPT is developing miniaturized probes. By combining micro-optical elements and fiber optic components, probes with diameters of down to 80 µm (in configurations of 0° or 90° for borehole measurements) can be produced. The Fraunhofer IPT is also comprehensively equipped for the assembly, processing and customization of optical wave guides for fiber optic components.

Additional research and development projects will concentrate on a further reduction of the probe size and the integration of sensors into metrological applications such as the measurement of roundness and gearing. Furthermore, a special probe is planned for realization, which can be used in coordinate measuring machines for applications such as ashpere testing, inspection of cooling holes in turbine blades or measurements of microstructures. Additionally, the Fraunhofer IPT aims at the acquisition of non-geometrical measures e.g. temperature, pressure or humidity by means of fiber optical probes.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Phys. Niels König  
Telefon/Phone +49 241 8904-113  
niels.koenig@ipt.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Stephan Bichmann  
Telefon/Phone +49 241 8904-245  
stephan.bichmann@ipt.fraunhofer.de

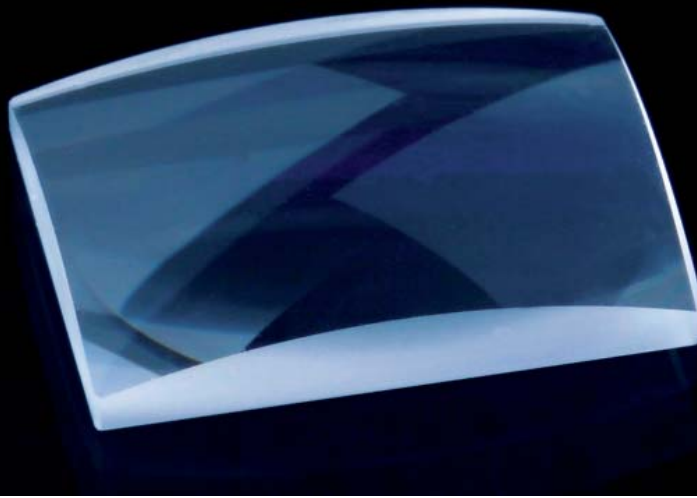
## ADAPTIVE OPTIKFERTIGUNG MIT MASCHINENINTEGRIERTER MESSTECHNIK MACHINE-INTEGRATED METROLOGY FOR THE ADAPTIVE PRODUCTION OF OPTICAL COMPONENTS

Komplex geformte Mikrooptikkomponenten finden heute Einsatz in zahlreichen Anwendungen und Industriezweigen – und der Bedarf wächst weiter. Beispielanwendungen sind Objektive für Handykameras oder DVD-Leseköpfe. Doch die Fertigung und Prüfung dieser Bauteile ist aufgrund der geforderten hohen Formtreue und der asphärischen Funktionsflächen immer noch mit hohen Kosten verbunden. Dieser Herausforderung nimmt sich das Fraunhofer IPT nun an und entwickelt im Projekt »MicroAdapt« eine maschinenintegrierte Asphären-Messtechnik.

Eine automatisierte Messung und Korrekturbearbeitung direkt in der Fertigungsmaschine kann die Fertigungszeiten für komplexe, asphärische Optiken deutlich verkürzen: Der aufwändige Einrichtevorgang bei jeder der bis zu fünf iterativ durchgeführten Korrekturbearbeitungen entfällt. Gleichzeitig lässt sich auch eine höhere Genauigkeit erzielen, da bei diesem Vorgehen keine Umspannfehler auftreten können. Die adaptive Korrekturbearbeitung verlangt das Zusammenspiel der Komponenten Maschine und Maschinensteuerung mit dem Sensor. Die geforderte Flexibilität gewährleistet dabei eine Schnittstelle zum CAD/CAM-System. Im Verbundprojekt »MicroAdapt« koordiniert das Fraunhofer IPT die Komponentenentwicklungen und integriert die Asphären-Messtechnik in eine automatisierte adaptive Fertigungszelle.

Micro-optic components with complex geometries are increasingly finding favor in many applications and industries. Typical examples are the objectives for cell phone cameras and DVD read heads. The process of manufacturing these components and of subjecting them to a thorough quality control, however, is still very expensive, due to the high levels of accuracy required and the aspherical surfaces involved. This is a challenge taken up by the Fraunhofer IPT which has started to develop a machine-integrated measuring technology for aspheric surfaces in the "MicroAdapt" project.

Automatic measurements and corrections that are directly integrated into the manufacturing process can shorten the cycle times for complex and aspherical optical components considerably – cutting out the time-consuming setup required for each of the (up to) five correction stages. Such a system would also serve to improve the accuracy of the production process, eliminating the potential error source of the conversion process (unclamping and reclamping). Such an adaptive correction system requires its components – the machine and the machine control unit – to interact with the sensor. The interface to the CAD/CAM system would need to provide the required degree of flexibility. In the joint project "MicroAdapt", the Fraunhofer IPT coordinates the development of the individual components and integrates the measuring technology for aspherical surfaces into an automatic adaptive manufacturing cell.



Die maschinenintegrierte Asphären-Messtechnik besteht aus einem neuen, punktuell und äußerst schnell messenden deflektometrischen Sensor, der von den Bearbeitungsachsen einer Fertigungsmaschine über den Prüfling geführt wird. Die Sensordaten werden über die Achspositionen der Fertigungsmaschine referenziert, sodass die Prüflingstopografie berechnet werden kann. Der Sensor kann sehr starke Abweichungen von der Sollgeometrie erfassen und eignet sich deshalb gerade auch zur Messung starker Asphären und Freiformflächen. Auf Basis der Messdaten erfolgen ein Soll-Ist-Vergleich und die Berechnung einer korrigierten Fertigungsbahn, mit der der Formfehler minimiert wird.

Das Fraunhofer IPT bringt in dieses Projekt seine Kompetenzen aus der maschinenintegrierten Optikprüfung mit ultrapräzisen Messverfahren ebenso ein wie seine Erfahrung bei der Umrüstung und Nutzung von Fertigungsmaschinen als Messgerät. Ein Arbeitsschwerpunkt des Fraunhofer IPT ist dabei die synchrone Erfassung der Achspositionen in Echtzeit und die Entwicklung und Umsetzung der Mess- und Kalibrierstrategien.

Neben dem Fraunhofer IPT besteht das Konsortium aus dem Messtechnikhersteller TRIOPTICS GmbH, den Optikmaschinen-Herstellern LT Ultra-Precision Technology GmbH und Satisloh GmbH sowie dem CAD/CAM-Entwickler ModuleWorks GmbH. Das Projekt »MicroAdapt« (Förderkennzeichen: 02PC2052) wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA-PFT) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) betreut.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Karl Vielhaber  
Telefon/Phone + 49 241 8904-476  
karl.vielhaber@ipt.fraunhofer.de

The integrated measuring technology for aspherical surfaces features a new deflectometry sensor, capable of performing measurements quickly and with pin-point accuracy, that is guided across the components by the machining axes of the production facility. The data provided will then be referenced, taking into account the axial positions, enabling the machine to calculate the topography of the component. The sensor is capable of detecting significant deviations from the target geometries which is why it is specifically suitable for the measurements of strong aspherical bodies and free formed surfaces. On the basis of the measuring data, a target-performance comparison can be conducted, and a corrected manufacturing track can be calculated which will minimize the defects in shape.

The contributions of the Fraunhofer IPT to the project include its skills and competences in the machine-integrated control of optical components with ultra-precise measuring technologies and its experiences in the conversion of manufacturing equipment to combined production and measuring instruments. One area where the Fraunhofer IPT has particularly distinguished itself is the simultaneous and real time capture of data about the axial positions and the development and implementation of measuring as well as calibration strategies.

In addition to the Fraunhofer IPT, the consortium features TRIOPTICS GmbH (manufacturer of optical test instruments), LT Ultra-Precision Technology GmbH and Satisloh GmbH (providers of optics manufacturing machines) and ModuleWorks GmbH (a company that develops CAD/CAM components). The project "MicroAdapt" (contract number: 02PC2052) is supported by the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF) and coordinated by the Projektträger Karlsruhe (PTKA-PFT) of the Karlsruhe Institute of Technology (KIT).

# SOFTWARE FÜR DIE OPTIKPRÜFUNG

## INSPECTION SOFTWARE FOR OPTICAL COMPONENTS

Die Fertigung moderner Präzisionsoptiken stellt hohe Anforderungen an die produktionsunterstützende Qualitätsprüfung. Nicht nur die eigentliche Messtechnik, sondern gerade auch die Messdatenauswertung ist hier von besonderer Bedeutung. Erst sie erlaubt es, die Prüflinge zu bewerten, Fertigungsfehler aufzudecken und Formfehler zu kompensieren. Die vollflächige Inspektion optischer Komponenten erfordert deshalb speziell angepasste Softwarelösungen.

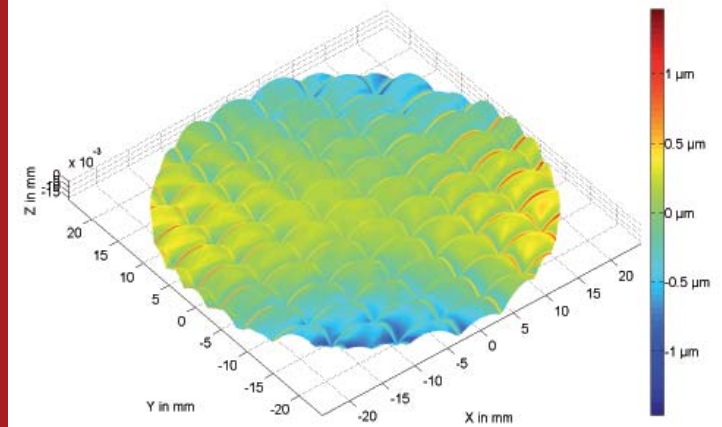
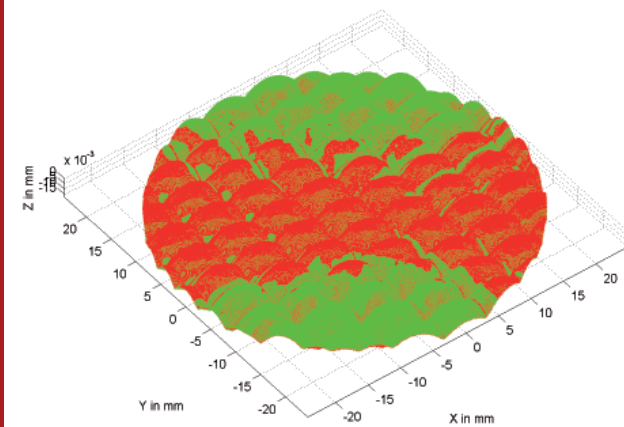
Das Fraunhofer IPT arbeitet seit vielen Jahren auf dem Gebiet der Optikherstellung und -prüfung und verfügt über fundierte Kenntnisse in der Messdatenauswertung und -rückführung. Auf dieser Basis entwickelt das Fraunhofer IPT anwendungsbezogene Softwarelösungen zur Datenverarbeitung, passt diese individuell an und integriert sie in bestehende Auswerteprogramme. Umgesetzt wurden bereits Algorithmen zur Filterung von Messdaten, zur automatisierten Datensegmentierung, zur Grob- und Feinregistrierung von Mess- und Solldaten, zur Erzeugung von Abweichungskarten und zum Vorhalten der festgestellten Abweichungen in den Designdaten.

Zur funktionsorientierten Prüfung von Optiken dienen nicht nur die Topografiedaten, sondern immer öfter auch Oberflächeninformationen über die Neigung und die lokale Brechkraft. Anhand dieser Daten lässt sich die Oberflächenwelligkeit beurteilen, die Streulicht verursacht und die optische Leistung vermindert. Zu diesem Zweck werden die Mess- und Solldaten auch für die Neigungsinformationen registriert. So lassen sich später die Neigungsfehler visualisieren. Vor allem in der Herstellung von Asphären und Freiformflächen, die durch

The manufacturing processes of today's sophisticated, high-precision optical components confront quality assurance with a range of challenges. Besides the conduction of measurements some of the hardest problems arise when it comes to evaluating data. Only this evaluation enables managers to assess the samples in order to reveal production errors and to compensate irregularities. The inspection of the entire surface of optical components therefore requires customized software solutions.

The Fraunhofer IPT has been producing and assessing optical components for many years, acquiring a wide range of skills and experiences in the evaluation of measuring data and in the development of compensation strategies. On this foundation, Fraunhofer IPT is currently developing and customizing application-oriented data processing software solutions, eventually integrating them into existing evaluation programs. Several algorithms have been implemented, including algorithms to filter measuring data, to automate data segmentation, to provide fine and coarse registration of actual and target data, to generate error maps and to modify design data in order to compensate the measured deviations.

In addition to the data on topography of the components, function-oriented inspections of optical elements increasingly aim at information concerning their slope and local refractive power. These data allow assessments of the surface waviness, which lead to scattered light and affect the component's overall performance. This is why target and actual data are also matched concerning the surface slope. This will allow the



Mehrachs-Bearbeitung hergestellt werden, tragen diese Daten dazu bei, Fertigungsfehler zu kompensieren und so Ausschuss zu verringern.

Die Grundlagen für die Softwarelösungen zur Optikprüfung erarbeitete das Fraunhofer IPT im EU-Projekt »Production4µ« (Förderkennzeichen: FP6-2004-NMP-N1-4) und entwickelt sie zukünftig für den industriellen Einsatz weiter. Dazu zählt beispielsweise auch der Import verschiedener Design- und Messdatenformate, die normgerechte Filterung von Messpunktwolken und die Bestimmung kundenbezogener Kenngrößen. Ziel ist es, Optikhersteller in die Lage zu versetzen, Freiformoptiken mit höchsten Formgenauigkeiten prozesssicher und effizient zu fertigen.

#### Kontakt/Contact

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Danny Köllmann  
 Telefon/Phone +49 241 8904-486  
 danny.koellmann@ipt.fraunhofer.de

visualization of slope errors at a later stage. These data help to compensate production errors and to cut the proportion of waste, specifically in the production of aspherical components and free formed surfaces that have been manufactured in multi-axial machining processes.

The foundations of the software solutions for the inspection of optical components were established by the Fraunhofer IPT in the EU project "Production4µ" (contract number: FP6-2004-NMP-N1-4). Currently, these solutions are in the process of further development which will ultimately lead to their application on an industrial scale. Ongoing research, for example, is focusing on the import of various formats for design and measuring data, how to filter point clouds of measurement data in compliance with the existing standards and on the establishment of customer-specific parameters. The ultimate objective is to enable manufacturers to produce free formed optical elements reliably, efficiently and to the highest standards of accuracy.

# ROBUSTE ALGORITHMEN FÜR DIE PRODUKTIONSNAHE INTERFEROMETRISCHE OPTIKPRÜFUNG

## ROBUST ALGORITHMS FOR THE INTERFEROMETRIC INSPECTION OF OPTICAL COMPONENTS

Die Prüfung komplex geformter Optikkomponenten wie Asphären oder Linsenarrays ist eine Schlüsseldisziplin im Herstellungsprozess. Um die Fertigung zu unterstützen, integriert das Fraunhofer IPT verschiedene ultrapräzise, interferometrische Messverfahren in die Produktion. So lassen sich die gemessenen Formabweichungen für die Korrektur der gefertigten Optiken nutzen. Noch mehr Flexibilität und Zuverlässigkeit bei der Qualitätssicherung unter Produktionsbedingungen sollen nun robuste, digitalholographische Rekonstruktionsverfahren bieten.

Die interferometrische Optikprüfung ist ein berührungsloses und nicht-invasives Messverfahren, mit dem sich die Form optischer Oberflächen und Formeinsätze für die Replikation erfassen lässt. In der Produktion optischer Bauteile, wie sie beispielsweise in Foto- und Handykameras oder auch in der Medizintechnik eingesetzt werden, ist die Qualitätskontrolle ein unverzichtbarer Teil der Prozesskette.

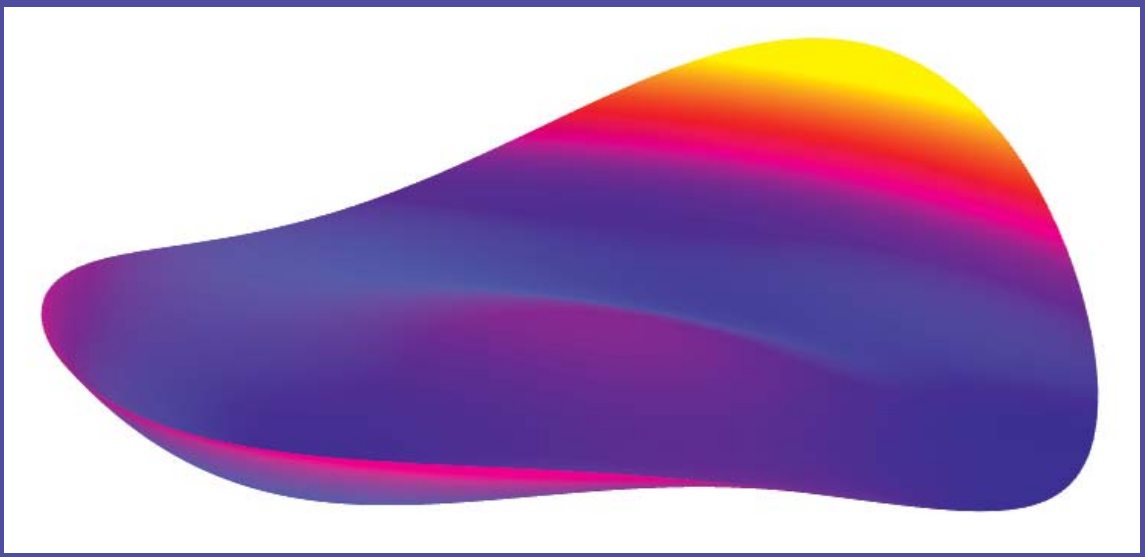
Das Fraunhofer IPT forscht im Sonderforschungsbereich SFB/TR4 »Prozessketten zur Replikation komplexer Optikkomponenten« unter anderem an robusten interferometrischen Verfahren, die auch den Umgebungseinflüssen in Fertigungsmaschinen standhalten.

The inspection of optical components with complex geometries such as aspherical components and lens arrays is a key element of the production process. The Fraunhofer IPT is currently looking for ways of facilitating this task by integrating a range of ultra-precise interferometric measuring techniques into the production process, allowing the machine to base a correction of the optical components on any deviation from the target form. Robust, digital-holographic reconstruction techniques will ensure that the in-production-line quality control will provide even higher levels of flexibility and reliability.

The interferometric inspection is a non-contact and non-invasive technique that allows the metrology engineers to establish the shapes of optical surfaces and inserts for their replication. For manufacturers of optical components (for example, components of cameras, cell phone cameras and medical equipment), a reliable quality control procedure is an indispensable element of their process chain.

In the Collaborative Research Centre SFB/TR4 "Process Chains for Replication of Complex Optical Components", the Fraunhofer IPT is currently conducting research on robust interferometric techniques capable of performing their measuring tasks in the harsh industrial environment of a manufacturing machine.





Bei der Formerfassung von Optikkomponenten kommt nicht nur die klassische Interferometrie, sondern auch die digitale Holographie zum Einsatz. Diese eignet sich vor allem zur automatischen Formprüfung in der Optikproduktion, denn sie bietet im Falle unscharf aufgenommener Interferogramme den Vorteil einer nachträglichen und einfach umsetzbaren computergestützten Nachfokussierung. Auf diese Weise erhöht sich die Genauigkeit des Messverfahrens und es müssen keine unscharfen Aufnahmen mehr verworfen werden. Zudem lassen sich durch das Konzept numerischer, parametrischer Linsen Operationen durchführen, die üblicherweise nur mit optischen Komponenten umgesetzt werden können. Nach erfolgter Anpassung der numerischen Linsen gelingt es, Aberrationen und Bildverzerrungen vollständig zu korrigieren. Indem das Fraunhofer IPT LEDs anstelle von Lasern einsetzt, schafft es die Grundlagen für digitalholographische Algorithmen, mit denen sich eine Probe nachträglich in verschiedenen Ebenen numerisch abbilden lässt. Solch ein tomografisches Verfahren erhöht den Anwendungsbereich bei transparenten Prüfkörpern.

Das Teilprojekt M2 »Automatisierte Messung der Makrogeometrie ultrapräziser Bauteile in Fertigungsmaschinen« im SFB/TR4 wird gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Die Arbeiten im SFB führt das Fraunhofer IPT in Zusammenarbeit mit den Universitäten Bremen und Oklahoma State aus den USA durch. Ziel ist es, die Prozesskette der Optikreplikation ganzheitlich weiterzuentwickeln und so die Optikproduktion am Standort Deutschland zu stärken.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Phys. Stephan Stürwald  
 Telefon/Phone +49 241 8904-439  
 stephan.stuerwald@ipt.fraunhofer.de

For the purpose of detecting the shape of optical components, digital holography is applied to complement classical interferometrics. Digital holography is a particularly useful instrument in the automatic shape verification of optical components, since it allows – in the event that the interferogram has only managed to deliver a blurred image – the focus to be re-adjusted quickly on the computer. This increases the accuracy of the measuring process significantly. The concept of digital, parametric lenses also enables the engineers to perform operations that would normally require optical components. Once the digital lenses have been adapted, aberrations and contorted images can be fully corrected. By applying LEDs instead of lasers, the Fraunhofer IPT is providing the basis for the use of digital-holographic algorithms that allow the digital representation of a sample on multiple levels. This tomographic technique is also viable for the inspection of many transparent bodies.

The sub-project M2 "Automatic Measurement Systems for the Macro-Geometry of Ultra-Precise Components in Manufacturing Equipment" of the SFB/TR4 enjoys the support of the German Research Foundation (DFG). The research of the SFB is conducted by the Fraunhofer IPT in close cooperation with the University of Bremen and the Oklahoma State University in North America. Together, they aim to develop the integrated process chain of optical component replication, strengthening the competitiveness of optical manufacturers in Germany.

# **ZUSAMMENARBEIT IN STANDORTÜBER- GREIFENDEN PROZESSKETTEN ERFOLGREICH ABSICHERN**

## **SUCCESSFULLY ENSURING COLLABORATION IN PROCESS CHAINS ACROSS LOCATIONS**

Die wachsende Komplexität technischer Produkte veranlasst produzierende Unternehmen immer öfter zur Zusammenarbeit mit hochspezialisierten Partnern. Durch die standortübergreifende Zusammenarbeit der Beteiligten steigen jedoch auch die Anforderungen an eine erfolgreiche Planung und Absicherung der Produktentstehung. Werkzeuge des prozessenübergreifenden Qualitätsmanagements unterstützen die zielgerichtete Arbeit in solchen Prozessketten.

Das Fraunhofer IPT erarbeitet gemeinsam mit weiteren Forschungsinstituten aus Aachen, Bremen und Oklahoma/USA im DFG-geförderten Sonderforschungsbereich SFB/TR4 »Prozessketten zur Replikation komplexer Optikkomponenten« die Grundlagen für die replikative Herstellung komplexer Optikkomponenten. Hier gilt es nicht nur, die einzelnen Prozessschritte zu beherrschen. Durch diese Standortverteilung werden auch die Planung und das zielorientierte Abarbeiten der gesamten Prozesskette – vom Optikdesign über den Formenbau bis hin zur Replikation der Optiken – zu einer herausfordernden Aufgabe. Schwerpunkte liegen bei der eindeutigen Spezifikation der gewünschten Merkmale der Optik und bei der Abstimmung der Schnittstellen zwischen den einzelnen Prozessschritten.

Zu diesem Zweck entwickelte das Fraunhofer IPT innerhalb dieses Projekts praxisorientierte Werkzeuge des Qualitäts-

The increasing complexity of technical products causes more and more industrial enterprises to cooperate with highly specialized partners, creating a growing need for formalized methods to plan, design and manage such joint ventures. Quality management tools can help to assure the success of such cross-site process chains.

In close cooperation with research institutes from Aachen, Bremen and Oklahoma, USA, the Fraunhofer IPT is developing the foundations for the replicated manufacturing of complex optic components, a project supported by the German Research Community (DFG) as part of the Collaborative Research Centre "SFB/TR4". The challenging duties and responsibilities in cross-location process chains include the need to control every single production step as well as the need to plan and manage the entire process chain – from optical design over mold production to the replication of optics. Of particular importance are the specification of the target characteristics of the optics and the coordination of the interfaces between the individual process steps.

For this purpose, the Fraunhofer IPT developed practice-oriented quality management tools and implemented them into an internet-based software application. A tremendous advantage of this solution is its time- and location-independent availability for the users. In addition to basic functions



managements und setzte diese in Form einer internetbasierten Softwareanwendung um. Der entscheidende Vorteil liegt in der orts- und zeitunabhängigen Verfügbarkeit der Software für die Anwender. Sie bietet neben Grundfunktionen wie einer übersichtlichen Darstellung aller Prozessketten und der Kontaktdaten aller Projektmitglieder auch Elemente, die speziell an die Herausforderungen der standortübergreifenden Zusammenarbeit angepasst sind.

Ein detaillierter Merkmalskatalog für jede Optik erlaubt beispielsweise den eindeutigen Vergleich der gewünschten Soll- mit den erreichten Ist-Ausprägungen. Ein grafisch aufbereiteter Zeitplan stellt den geplanten Zeitverlauf einer Kette dem realen gegenüber und schafft so Transparenz bei zeitlichen Verzögerungen und deren Ursachen. Darüber hinaus können Forderungen zwischen den einzelnen Prozessschritten, wie benötigte Informationen oder Bauteile anhand einer Anforderungs-Lieferungs-Matrix, eindeutig untereinander abgestimmt und nachverfolgt werden. Die Arbeiten der einzelnen Prozessschritte lassen sich auf diese Weise detailliert planen. Der Ergebnisfortschritt der Kette wird klar erfasst und abgesichert.

Die Software konnte sich im »SFB/TR4« als ein wichtiges Werkzeug zur zielgerichteten Durchführung der bisherigen Arbeiten beweisen und wird jetzt um weitere Funktionen und Werkzeuge ergänzt, um den Prozesskettenfortschritt abzusichern.

#### **Kontakt/Contact**

Dr.-Ing. Stephan Bichmann  
Telefon/Phone +49 241 8904-245  
stephan.bichmann@ipt.fraunhofer.de

Dipl.-Wirt.-Ing. Peter Becker  
Telefon/Phone +49 241 8904-260  
peter.becker@ipt.fraunhofer.de

such as a clear visualization of all process chains and of the contact information about every project member, it offers elements that are customized to the special requirements of cross-location process chains.

For example: A detailed index of features for every optical component allows explicit target-performance comparisons. A timetable diagram contrasts the schedules with actual process sequences, demonstrating the links between delays and their causes. Also, requests between individual process steps for certain information or components can be coordinated and monitored with the help of a request-supply-matrix. This way, the tasks and responsibilities of every individual process step can be planned in detail. This allows those who are involved to track the sequences of the chain and to establish whether or not progress has been made.

This software proved itself as an important tool in the target-oriented work of "SFB/TR4" and will be upgraded with additional functions and tools to ensure the further progress of the project.

## STUDIE: WIE KULTUR BEIM WANDEL HILFT STUDY: HOW CULTURE SUPPORTS CHANGE

Veränderungsprojekte bedürfen einer professionellen Herangehensweise: Gutes Projektmanagement, gezielte Methoden, klare Kommunikation und hierarchieübergreifende Partizipation gelten als Grundlagen erfolgreicher Veränderung. Gleichzeitig bedingt die vorherrschende Unternehmenskultur die individuelle Reaktion einer Organisation auf Veränderungen. In einer Studie untersuchte das Fraunhofer IPT, inwiefern Methodenverständnis und das Einschätzen und Reagieren auf die Kultur entscheidend sind für Projekterfolge.

Die Zeiten, in denen Veränderung nur ein Thema von großen, multinationalen Konzernen war, sind vorbei. Auch kleine und mittlere Unternehmen müssen sich immer schneller anpassen. Die Gründe und Auslöser dafür sind vielfältig: Führungskräfte wechseln schneller, Anforderungen an Zulieferer, etwa durch Standards oder kurze Produktlebenszyklen, steigen und auch kleine Unternehmen arbeiten über Landesgrenzen hinweg und an vielen Standorten. Um den Methodeneinsatz und die relevanten Merkmale der Unternehmenskultur in Veränderungsprojekten produzierender Unternehmen zu untersuchen, befragte das Fraunhofer IPT mehr als 500 Führungskräfte und externe Berater zu absolvierten Change-Projekten.

Die Studie zeigt, dass einige Kulturmerkmale besonders starken Einfluss auf den Erfolg von Veränderungsprojekten haben: So ist die Identifikation mit dem Unternehmen und auch mit dem Produkt ein wichtiges Merkmal. Ihre Ausprägung kann je nach Veränderungsprojekt jedoch sowohl positive als auch negative Wirkung haben. Was Mitarbeiter annehmen, auf welche Anreize sie reagieren und wann sie eine Veränderung mittragen wird stark durch die Kultur beeinflusst. Ob die Merkmale eher förderlich oder hemmend für ein Projekt

Change projects require a professional approach: good project management, applicable techniques, clear communication strategies and forms of participation are cornerstones for successful change. At the same time, the existing corporate culture predetermines how the individual organization reacts to change. Fraunhofer IPT conducted a study to find out what impact an understanding of methodology and corporate culture have on the outcomes of projects.

The times when change management was practiced by large multinational corporations only have long gone. Nowadays, small and medium-sized enterprises are under increasing pressure to change more rapidly. This need for change has many reasons: the quick turnaround of people on the top management level, the obligation of suppliers to adapt to constantly changing standards and shortening product life cycles, globalization of international trade that forces even small enterprises to work across national frontiers and operate a large number of production sites. Fraunhofer IPT surveyed more than 500 top managers and consultants concerning completed change projects in order to establish the methods used and to analyze the relevant features of the corporate culture.

The study demonstrated that some features of the corporate culture were clearly more important than others for the success of change projects: the degree of employees identification with the enterprise and the product, for example, were crucial elements. Depending on the nature of the individual project, the degree of identification could have a positive or negative impact. Corporate culture determines what employees are willing to accept, the way they react and whether or not they



sind, hängt aber zusätzlich von der Art der Veränderung und von den eingesetzten Methoden ab. Zum Zusammenhang zwischen Methodeneinsatz und Projekterfolg ergeben sich unter anderem folgende zentrale Aussagen:

- Mitarbeitern sollte die Möglichkeit zum Informationsaustausch gegeben werden.
- Leitfiguren sollten die angestrebte Veränderung vorleben.
- Rollen und Zuständigkeiten der Mitarbeiter sollten zu Projektbeginn klar definiert werden.

Über die erfolgreiche Durchführung von Veränderungsprojekten entscheiden also sowohl die Methodenkompetenz als auch das Wissen um die Ausprägung und Auswirkungen der Unternehmenskultur. Es liegt bei den Verantwortlichen, ihre Mitarbeiter optimal auf Veränderungen vorzubereiten und so das Gelingen solcher Projekte zu sichern. Das Fraunhofer IPT bietet deshalb die entscheidende Methodenkompetenz und Unterstützung zum methodengestützten Veränderungsmanagement. Auch die Ergebnisse der Studie zum Einfluss von Kulturmerkmalen auf den Erfolg von Veränderungsprojekten sind am Fraunhofer IPT in ausführlicher Form erhältlich.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Alexandra Ottong  
Telefon/Phone +49 241 8904-259  
alexandra.ottong@ipt.fraunhofer.de

[www.cuba-change.com](http://www.cuba-change.com)

are eager to support change. Whether these features serve to accelerate or slow down the project's progress, however, depends on the type of change and on the methods used. Based on an analysis of the interaction between methodology and the successful outcome of the project, several conclusions were made, as follow:

- Employees should be given opportunities for an exchange of information.
- Executives have to act as role models, pioneering the desired changes.
- Roles and responsibilities of the individual employees should be precisely defined at the start of the project.

The successful outcome of change projects is determined by the methodological competence as well as by an awareness of the nature and the potential effects of the corporate culture. It is the responsibility of the managers to prepare their employees for the impending changes, ensuring a successful outcome of the project. Fraunhofer IPT provides the important methodological competence and support in the implementation of method-based change management. Detailed results of the study concerning the impact of corporate cultural features on the outcome of change projects can be obtained from Fraunhofer IPT.

## SOLUTION SELFASSESS – ONLINE-TOOL FÜR DEN SERVICE-STRATEGIE-CHECK

### SOLUTION SELFASSESS – ONLINE TOOL FOR THE SERVICE STRATEGY CHECK

Mit dem Online-Tool »Solution SelfAssess« bietet das Fraunhofer IPT Industrieunternehmen die Gelegenheit, ihre aktuellen Servicestrategien zu bewerten und durch konkrete Handlungsempfehlungen zu verbessern. Der Anwender erhält dabei nicht nur Rückmeldungen zu Aufwand und Richtung des einzuschlagenden Weges, sondern auch detaillierte Informationen und methodische Schritt-für-Schritt Anleitungen zur Umsetzung einer individuellen Servicestrategie.

Immer mehr Industrieunternehmen möchten sich im Wettbewerb über zusätzliche Dienstleistungen von anderen Unternehmen abgrenzen. Oft ist jedoch nicht klar, welche Veränderungsmaßnahmen dazu erforderlich sind. Das hängt mit den Zielen des Serviceanbieters zusammen, etwa der Vergrößerung von Margen oder einer stärkeren Kundenbindung. Diese Ziele nehmen Einfluss darauf, ob Services als Massenleistungen rund um das Produkt oder als individuelle Kundenlösungen angeboten werden. Die Herausforderung besteht darin, die Lösungsstrategie optimal zwischen den Extremen »Individualisierung« und »Standardisierung« zu verorten und passende Maßnahmen zu ergreifen.

Das Fraunhofer IPT stellt mit »Solution SelfAssess« ein Online-Tool zur Selbstbewertung der strategischen Serviceziele bereit. Damit können Unternehmen ihre optimale Strategie identifizieren und den Aufwand zur Umsetzung ausgehend vom aktuellen Zustand abschätzen. Die Teilnehmer erhalten eine Rückmeldung über die Gestaltung ihrer Organisationsstruktu-

The "Solution SelfAssess" online tool provides the manufacturing industry with an assessment for service strategies and their improvement by concrete measures. The user receives a diagnosis of the current state as well as a recommendation for future strategic development. This is followed by detailed information and methodological step-by-step instructions of how to implement the envisaged service strategy and how much effort will be needed for this.

More and more industrial enterprises are looking for ways of distinguishing themselves from their competitors by developing innovative service portfolios. Often, however, these enterprises are unaware of the changes this requires. Does, for instance, the service provider want to increase margin or customer loyalty? This determines whether services are offered in a standardized way to complement the product or by an individualized, customized solution. The challenge is to locate the solution strategy correctly between the twin poles of customization and standardization and to develop the appropriate strategy for implementing this.

With the online tool "Solution SelfAssess", Fraunhofer IPT provides an instrument for industrial application allowing the independent assessment of strategic service objectives. Participants receive individual guidelines on the organizational restructuring of their service departments, the design of their processes and leadership styles and techniques appropriate for a consistent implementation of their selected strategies. Step-





ren im Servicebereich, über das Design ihrer Prozesse und zu adäquaten Führungsstilen und -techniken, mit denen sich die gewählte Strategie konsistent umsetzen lässt. Empfehlungen zur erfolgreichen Umsetzung der anvisierten Servicestrategie erfolgen in Form von Handlungsempfehlungen, die zum persönlichen Download bereitgestellt werden und konkrete methodische Vorgehensweisen Schritt für Schritt erläutern.

Das Fraunhofer IPT entwickelte das Online-Tool gemeinsam mit drei Pilotanwendern des Forschungsprojektes »HyPro« (Förderkennzeichen: 01FD0604), die es bereits erfolgreich einsetzten. Die RHIEM Services GmbH, die aixTeMa GmbH und die HEIM & HAUS Holding GmbH decken das Spektrum produktbegleitender Services, Fulfillment-Services und IT-Services ab. In einer ersten Erhebung mit 116 Firmen bewerteten 90 Prozent der Anwender die Strategie-Rückmeldungen als sehr passend. Genausoviele bewerteten die Handlungsempfehlungen als größtenteils bis sehr hilfreich. Seitdem hat das Fraunhofer IPT »Solution SelfAssess« noch weiter verbessert und an die Bedarfe der Nutzer angepasst.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Psych. Sarah Hatfield  
 Telefon/Phone +49 241 8904-257  
[sarah.hatfield@ipt.fraunhofer.de](mailto:sarah.hatfield@ipt.fraunhofer.de)

by-step instructions of how to proceed and what methods to use can be downloaded.

Fraunhofer IPT developed the online tool together with three pilot users of the "HyPro" research project (contract number: 01FD0604) who applied their new system successfully. RHIEM Services GmbH, aixTeMa GmbH and HEIM & HAUS Holding GmbH cover the entire range of product-oriented services, fulfillment services and IT services. In an initial survey of 100 companies, 90 % of the users assessed the strategic feedback as "highly appropriate". The same amount of companies surveyed said the recommendations had been "largely helpful" or "very helpful". On the basis of these assessments, the Fraunhofer IPT has since further improved its "Solution SelfAssess" system, adapting it to match the requirements of its users.

# TECHNISCHES RISIKOMANAGEMENTSYSTEM BEI DER MAN TURBO AG

## THE TECHNOLOGY RISK MANAGEMENT SYSTEM OF MAN TURBO AG

Die MAN Turbo AG ist Anbieter der weltweit umfangreichsten Produktpalette an Kompressoren und Turbinen. Im größten Einzelauftrag seiner Geschichte sah sich das Unternehmen mit der Kundenforderung konfrontiert, ein umfangreiches Risikomanagementsystem, die »Flawless Start-Up Initiative«, für das Großprojekt zu implementieren. Ziel des Programms ist es, Fehler zu vermeiden, die bereits in der Vergangenheit beim Bau ähnlicher Anlagen aufgetreten sind oder die antizipiert werden können.

In diesem konkreten Auftrag orderte die Linde Engineering AG als Kunde der MAN Turbo AG die Schlüsselkomponenten von acht Turbomaschinensträngen für die Luftzerlegung einer Gas-To-Liquid (GTL)-Anlage in Ras Laffan Industrial City, Qatar. Die Turbomaschinensätze sind das Herzstück der Luftzerlegeeinheiten zur Gasverflüssigung, die die Linde Engineering AG im Auftrag von Shell zur Verfügung stellt.

Zur Unterstützung der »Flawless Start-Up Initiative« (FSI) und um gleichzeitig projektübergreifend ein technisches Risikomanagement auf das gesamte Unternehmen auszuweiten, startete die MAN Turbo AG im Juni 2007 eine Kooperation mit dem Fraunhofer IPT.

Das erarbeitete Risikomanagementsystem besteht aus einem »projektabhängigen«, schnell ablaufenden, und einem »projektunabhängigen« Teilprozess, der Maßnahmen nachhaltig und projektübergreifend im Unternehmen umsetzt. Die Teilprozesse verlaufen in unterschiedlichen Geschwindigkeiten

MAN Turbo AG produces the world's largest range of compressors and turbines. The biggest individual contract in the company's history required MAN Turbo to implement a comprehensive risk management system for the project, called the "Flawless Start-Up Initiative". This programme is designed to avoid mistakes that were committed in the construction of similar facilities in the past or that could have been otherwise anticipated.

Linde Engineering AG has commissioned MAN Turbo AG to build the key components of eight turbomachinery trains for the air separation system of a Gas-To-Liquid (GTL) conversion facility in Ras Laffan Industrial City, Qatar. The turbomachinery trains are the central pieces of equipment in the GTL air separation units designed and constructed by Linde Engineering AG on behalf of Shell.

In order to support the "Flawless Start-Up Initiative" (FSI) and to roll out their Technology Risk Management system simultaneously across all sections of the corporation, MAN Turbo AG embarked on a joint venture with Fraunhofer IPT in June 2007.

The resulting Risk Management System features a "project-specific" part (with a relatively short time frame) and a "non-project-specific" part which is aimed to implement sustainable risk management procedures in all sections and for all business activities of the company. Both of these parts proceed at a pace and rhythm entirely of their own, although they also share certain elements. The overall process can be triggered



und Frequenzen und sind durch gemeinsame Elemente miteinander verbunden. Der Gesamtprozess kann durch den Start eines neuen Projekts, das Auftreten eines Fehlers oder das Erkennen eines Risikos angestoßen werden. Die durchzuführenden Aktivitäten sowie die zugehörigen Verantwortlichkeiten wurden festgelegt und dargestellt.

Bei der Entwicklung des Konzepts wurde darauf geachtet, bewährte Strukturen im Unternehmen zu nutzen und den Prozess mit diesen zu vereinen, um Mitarbeiter so viel wie nötig, aber so wenig wie möglich zusätzlich zu belasten. Aufgetretene Fehler können systematisch bearbeitet und die gewonnenen Erkenntnisse zielgerichtet an Fachbereiche und Standorte verteilt sowie anderen Projekten zur Verfügung gestellt werden. Dadurch wird dem einzelnen Mitarbeiter das Lernen aus Erfahrungen anderer Mitarbeiter und letztlich die Prävention von Fehlern erleichtert.

Die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit hat sich im Laufe der Zeit auch auf andere Unternehmensbereiche, Themen und Standorte ausgeweitet, so dass die MAN Turbo AG und das Fraunhofer IPT schon nach kurzer Zeit auf eine intensive Kooperation zurückblicken können.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Alexandra Ottong  
Telefon/Phone +49 241 8904-259  
alexandra.ottong@ipt.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Stephan Bichmann  
Telefon/Phone +49 241 8904 -245  
stephan.bichmann@ipt.fraunhofer.de

by the start of a new project, the discovery of a mistake or the detection of a risk. The activities to be performed in any such event and the responsibilities have been defined and represented.

The concept aims to make use of existing corporate structures that have been tried and tested, integrating the Risk Management process into these structures so that the company's employees will not be subjected to undue levels of additional stress ("as little additional work as possible, as much as necessary"). Mistakes that have occurred will be systematically processed, results can be targeted at the departments and operating sites concerned or made available to other projects. This will allow the employees to learn from other people's experiences and, ultimately, to prevent mistakes.

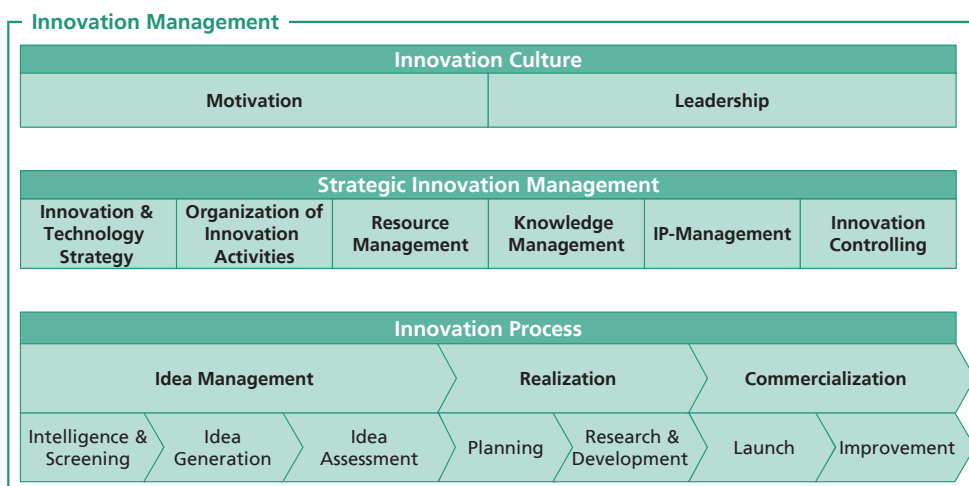
In the short time of its existence, the initiative has already served to generate an excellent working atmosphere and a relationship of mutual trust which has since spread to other business units, projects and operating sites. MAN Turbo AG and the Fraunhofer IPT, meanwhile, while looking back in pride, are even more so looking forward to continuing their successful cooperation.

# BENCHMARKING: LERNEN VON DEN BESTEN

## BENCHMARKING: LEARNING FROM THE BEST

Um ihren Erfolg nachhaltig zu sichern, brauchen Unternehmen Produkte und Prozesse, die eine Alleinstellung am Markt versprechen. Innovationen und Technologien rücken stärker in den Mittelpunkt unternehmerischer Entscheidungen und die Bedeutung des Technologie- und Innovationsmanagements wächst. Benchmarkings bieten ein bewährtes Vorgehen, um das eigene Unternehmen im Vergleich zu anderen zu positionieren und erfolgreiche Praxisbeispiele kennenzulernen. Der Erhalt und stetige Ausbau der Innovationsfähigkeit ist für die ThyssenKrupp AG, einen der größten Technologiekonzerne weltweit, eine wichtige strategische Aufgabe. Um die Innovationsfähigkeit weiter zu stärken, startete ThyssenKrupp ein konzernweites Innovationsprogramm. Als Auftakt diente eine Benchmark-Studie, die das Unternehmen mit dem Fraunhofer IPT und dem WZL der RWTH Aachen durchführte. Ziel des Projekts war es, durch Recherchen, Analysen und einen direkten Austausch mit innovativen Großunternehmen »Best Practices« im Innovationsmanagement zu identifizieren.

Companies that strive for long-term success need innovative products and processes that may enable them to achieve unique selling proposition on their markets. This is why corporate decisions increasingly focus on technologies and innovations – and why the importance of technology and innovation management is steadily growing. Benchmarking is a proven practice to compare one's own with other companies and to familiarize oneself with best practice examples. For the ThyssenKrupp AG, one of the biggest technology corporations in the world, maintaining and continuously expanding its innovative ability is a key task. This is why ThyssenKrupp has started an innovation program across the whole group to strengthen its innovative ability and to fully exploit its potential. The program was kicked off by a benchmark study into the innovative ability of comparable large-scale enterprises that was conducted in close coordination with Fraunhofer IPT and WZL of the RWTH Aachen University. The objective of the joint project was to identify "Best Practices"







Im ersten Schritt wurde ein konzernübergreifendes Innovationsverständnis erarbeitet und ein Ordnungsrahmen zur Systematisierung relevanter Themenfelder für die Benchmark-Analyse ausgestaltet. Dazu legte ThyssenKrupp gemeinsam mit den Aachener Partnern Auswahlkriterien und Bewertungskennzahlen für die Innovationsfähigkeit fest. Dies bildet die Grundlage, um passende Unternehmen für den Vergleich auswählen zu können. Im zweiten Schritt erstellten Fraunhofer IPT und WZL dazu kennzahlenbasierte Steckbriefe für mehr als 100 potenzielle Benchmark-Partner. Für rund vierzig vorausgewählte Unternehmen wurden dann detaillierte Fallstudien zu konkreten Prozessen, Ansätzen und Methoden im Innovationsmanagement ausgearbeitet. Mit ausgewählten Vergleichsunternehmen erfolgten in der dritten Phase eintägige bilaterale Unternehmensbesuche zum offenen Gedankenaustausch über generelle Vorgehensweisen im Innovationsmanagement und im Vorfeld abgestimmte Schwerpunktthemen. Die anschließende Analyse fasste die Highlights der Besuche und die »Key Learnings« entlang des Ordnungsrahmens des Innovationsmanagements zusammen. Gemeinsam mit ThyssenKrupp konnten Fraunhofer IPT und WZL anhand dieser Erkenntnisse relevante Handlungsfelder identifizieren und geeignete Maßnahmen ableiten.

ThyssenKrupp kann die Erkenntnisse aus den »Best Practices« in der täglichen Arbeit umsetzen und so seine Innovationsfähigkeit weiter steigern. Das Benchmarking zeigte sich als effektiver Weg, externes Wissen rasch für das Unternehmen zu nutzen. Besonders hervorzuheben ist die Praxisnähe der Ergebnisse, denn sie haben sich bereits im Tagesgeschäft bewährt.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Markus Wellensiek  
Telefon/Phone +49 241 8904-114  
markus.wellensiek@ipt.fraunhofer.de

for the innovation management through research, analysis and direct exchanges with innovative enterprises.

In stage one of the project, the objective was to establish a common group-wide understanding of innovation and to develop a framework for the systematization of all relevant topics in the benchmark analysis. Selection criteria were determined and performance indicators for the assessment of innovative abilities were defined to prepare the selection of relevant comparable enterprises. In stage two, indicator-based characteristics for over one hundred potential benchmark partners were prepared on this basis before detailed case studies about innovation management processes, approaches and methods were developed for about forty enterprises. In stage three, bilateral one-day company visits were arranged with selected enterprises to promote an open exchange of ideas about general innovation management processes and certain other subjects. The subsequent analysis summarized the highlights of the visits as well as key insights of the initially established system framework. Based on these conclusions, the Fraunhofer IPT, the WZL and ThyssenKrupp identified areas where further improvements were possible and recommended specific measures.

ThyssenKrupp is now able to implement these "Best Practices" directly into its routine procedures and to boost its innovative ability. Benchmarking has therefore been an effective way of transferring external knowledge quickly into the enterprise – all the more since the results are directly derived from practical experience and have already proved their worth in the business world.

# TECHNOLOGIEMANAGEMENT BEI DER LOEWE AG

## LOEWE AG TECHNOLOGY MANAGEMENT

Die Loewe AG ist die führende Premium-Marke im Bereich Home-Entertainment-Systeme und begeistert durch Produkte mit zeitloser Ästhetik, einfacher Bedienung und mit sinnvoller Technik. Vor dem Hintergrund dieser Markenstrategie und der begrenzten Kapazitäten in der Technologieentwicklung kommt dem Technologiemanagement bei der Loewe AG eine besondere Bedeutung zu. Es gilt eine effektive Technologieauswahl, eine effiziente Früherkennung und eine transparente Technologieplanung zu betreiben.

Die Entwicklung der Loewe AG zeichnet sich durch eine hohe Expertise in allen relevanten Technologiegebieten im Bereich des Home Entertainment aus. Neue Technologien werden frühzeitig erkannt und in einzigartige Lösungen für den Kunden umgewandelt. Aufgrund des beschleunigten technologischen Fortschritts wird es zunehmend schwieriger in allen Technologiefeldern Innovationen zu erzielen. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel des gemeinsamen Projekts zwischen der Loewe AG und dem Fraunhofer IPT, den Entwicklern für die Zukunft Freiraum für Innovationen zu schaffen und die hohe Innovationskraft fokussiert einzusetzen. Ansatzpunkt hierzu ist ein strukturiertes Technologiemanagement.

In dem gemeinsamen Projekt wurde ein ganzheitlicher Technologiemanagementprozess aufgebaut, der die Voraussetzungen schafft, innerhalb eines differenzierten Technologiespektrums Prioritäten zu setzen. Hierzu wurden unter anderem Technologieradare aufgebaut und eine Technologieroadmap konzipiert.

Loewe AG is a premium brand provider of home entertainment systems, managing to combine valuable design features with user-friendly operation and high-end technology. In the light of this marketing strategy and limited capacities in technology development, technology management has been recognized by Loewe AG as a key ingredient of its corporate success. The company strives to ensure an effective selection of technologies, an efficient technology forecasting and a transparent technology planning.

The development department of Loewe AG is characterized by a high level of expertise in all relevant technology fields of home entertainment. New technologies are quickly identified and converted into innovative product solutions. Due to the accelerating pace of technological progress, it is becoming increasingly difficult to be innovative in all areas of technology at once. This was the reason why Loewe AG and the Fraunhofer IPT have established a joint project that aims to create more space for innovative product designers and to focus their innovative strengths. The tool for this is a carefully structured technology management.

Over the course of the joint project, an integrated technology management process was designed that provides the foundations for diligent prioritization in the context of a differentiated technology portfolio. For this purpose, instruments such as a technology radar and a technology roadmap were developed.

Technology radars structure the technology environment and allow a differentiated early recognition of promising techno-





Die Technologieradare dienen der Strukturierung des technologischen Umfeldes und erlauben eine differenzierte Technologieführerkennung. Bei der Loewe AG wurden je Technologiefeld die strategischen Zielsetzungen festgelegt, cross-funktionale Verantwortlichkeiten benannt und die Intensität des Technologiescreenings ermittelt. Durch die somit für alle Stakeholder vorhandene Transparenz in den Technologiefeldern kann eine gezielte Technologiebewertung zu einem sehr frühen Zeitpunkt erfolgen.

Ein weiterer Schwerpunkt war die Generierung eines für alle Unternehmensbereiche zugänglichen Technologieplanungsinstrumentes. Um eine hohe Transparenz über alle Technologieentwicklungen zu erhalten und möglichst viele vorhandene Informationen zu synchronisieren, wurde eine Technologieroadmap mit drei Planungsebenen eingeführt. Unterschiedliche Visualisierungsmöglichkeiten der Ebenen Produkte, Plattformen und Technologien schaffen eine hohe Übersichtlichkeit.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Phys. Anna-Lena Gehrmann  
Telefon/Phone +49 241 8904-169  
anna-lena.gehrmann@ipt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Kristin Schmelter  
Telefon/Phone +49 241 8904-224  
kristin.schmelter@ipt.fraunhofer.de

logies. At Loewe AG the strategic targets for the individual technological areas were defined, cross-functional roles and responsibilities were established and the levels of intensity for the technology screening were determined. By providing high levels of transparency in the different areas of technology for all stakeholders, it becomes possible to perform a targeted technology assessment at a very early stage.

The project was also designed to develop a technology planning tool for all areas of the corporation. In order to maintain high levels of transparency across all technological developments and to align as much information as possible, a technology roadmap with three distinct planning levels was introduced. A range of visualization options for the three levels of products, platforms and technologies makes the system lucid and visually appealing.

# ERFOLG BEI DER DIVERSIFIKATION: AUF KERNKOMPETENZEN AUFBAUEN

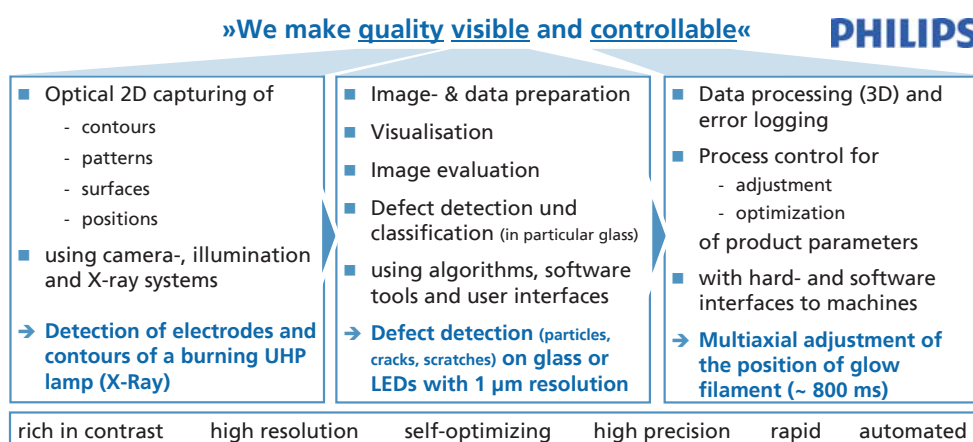
## SUCCESS IN DIVERSIFICATION: BUILDING ON CORE COMPETENCES

Diversifikation bietet Unternehmen eine Chance zur Effizienzsteigerung durch die Anwendung der eigenen Kompetenzen in vielen Märkten. Das Fraunhofer IPT unterstützt Unternehmen bei der Suche nach neuen Anwendungsgebieten für ihre Kernkompetenzen, um langfristig den Unternehmenserfolg zu sichern.

For many companies, diversification provides an opportunity to enhance their efficiency through an application of their competences in new markets. The Fraunhofer IPT supports companies in their exploration of new applications for their core competences in order to ensure the long-term success of the business.

Philips Global Technology Development Mechanization Aachen ist als ein führender Sondermaschinenbauer und Systemintegrator mit vielfältigen Kompetenzen spezialisiert auf die Entwicklung, Konzeption und den Aufbau hochautomatisierter Fertigungslinien. Ziel eines gemeinsamen Projekts mit Philips GTD Mechanization Aachen war die Identifikation potenziell-trächtiger Anwendungen in neuen Märkten. Hierzu wurde eine Kernkompetenz-basierte Vorgehensweise gewählt.

Philips Global Technology Development Mechanization Aachen is a leading manufacturer of special purpose machinery and a system integrator with a broad range of competences. Philips GTD focuses on the development, the conception and the construction of fully automated production lines. The joint project aimed to identify potentially rewarding application opportunities in new markets. This is why a core-competence-based approach was selected.





In dem Projekt wurden zunächst die bestehenden Kompetenzen gemeinsam mit den Philips-Experten analysiert und kompakt beschrieben. Die strukturierte Kompetenzdarstellung verfolgte zwei Ziele: Unternehmensintern wurde Transparenz über die eigene Leistungsfähigkeit und das vorhandene Technologiespektrum geschaffen. Daneben kann die Darstellung zur Vermittlung der eigenen Fähigkeiten an potenzielle Kunden genutzt werden. So wurden zum Beispiel die Leistungen in der industriellen Bilderfassung und -verarbeitung im Kompetenzbereich »Messen und Regeln« übersichtlich zusammengefasst und mit Beispielen belegt.

Aufbauend auf diesen Kompetenzen wurde eine systematische Recherche nach passenden Anwendungsfällen verschiedener Branchen wie Energie- oder Mikroelektronik, Optik oder Biotechnologie durchgeführt. Einerseits wurden konkrete Ideen bezüglich der Diversifikation gesammelt und überprüft, andererseits Suchprofile durch Verknüpfung und Kombination verschiedener Kompetenzen und Technologien abgeleitet und neue Suchräume eröffnet. Eine Diversifikationsoption war beispielsweise die Automatisierung der Montage von Hörgeräten. Gemeinsam wurden die Anwendungsfälle bewertet. Für die priorisierten Ideen wurden technische Details, Markt- und Anbieterinformationen beschafft, potenzielle Kunden für die relevanten Anwendungen ausfindig gemacht und der Kontakt zu Philips zur weiteren Konkretisierung vermittelt.

Das Fraunhofer IPT schuf somit eine belastbare Informationsbasis und lieferte Ansatzpunkte sowie konkrete Geschäftskontakte, die von Philips zur Diversifikation aufgegriffen und weiter verfolgt wurden.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Markus Wellensiek  
Telefon/Phone +49 241 8904-114  
markus.wellensiek@ipt.fraunhofer.de

At the beginning of the project, experts from both participating institutions analyzed and characterized the range of existing competences. The structured representation of the competences served two purposes: Firstly, it generated a high degree of in-house transparency about capabilities and available technologies. Secondly, it was felt that the representation could eventually be used as a tool to communicate the abilities to potential customers. For instance, the industrial image acquisition and processing capabilities were neatly summarized and illustrated with examples.

On the basis of these competences, a systematic search for fitting applications was conducted, involving different industries such as power engineering, micro technology, optics and biotechnology. Ideas and suggestions of how to diversify were collected and checked while competences and technologies were cross-linked to generate search profiles and to open up new search areas. One example for one such diversification option was the automation of the industrial assembly of hearing aids. The project partners then proceeded to assess the ideas they had put forward. Technical details as well as market and supplier information were provided. Potential customers for applications were identified, and contacts with Philips were arranged with a view to further detailing.

The Fraunhofer IPT thereby provided an extensive basis of information, approaches and concrete business contacts which were followed up by Philips to prepare the actual diversification.

# INNOVATIONSPOTENZIALE DER LIEFERANTEN NUTZEN

## HOW COMPANIES FOSTER THE INNOVATION CAPABILITY OF THEIR SUPPLIERS

In den vergangenen Jahren hat sich der Wertschöpfungsanteil in vielen Branchen kontinuierlich in Richtung der Lieferanten verschoben. Damit wächst auch die Abhängigkeit der meisten Unternehmen von den Entwicklungsleistungen ihrer Lieferanten. Als Schnittstelle zum Beschaffungsmarkt ist es für den Einkauf von immer größerer Bedeutung, aktiv die Innovationen seiner Zulieferer zu fördern und für das eigene Unternehmen nutzbar zu machen. Der Einkauf muss dafür Vorgehensweisen entwickeln, die über das Management von Kosten, Qualität und Liefertreue hinausgehen.

Um Unternehmen bei diesen neuen Herausforderungen zu unterstützen, hat das Fraunhofer IPT in Kooperation mit Ernst & Young die Studie »Innovationsmanagement durch den Einkauf« durchgeführt. Ziel war es, Vorgehensweisen aufzuzeigen, mit denen Unternehmen Ideen und Innovationen ihrer Lieferanten frühzeitig abrufen und nutzbar machen können.

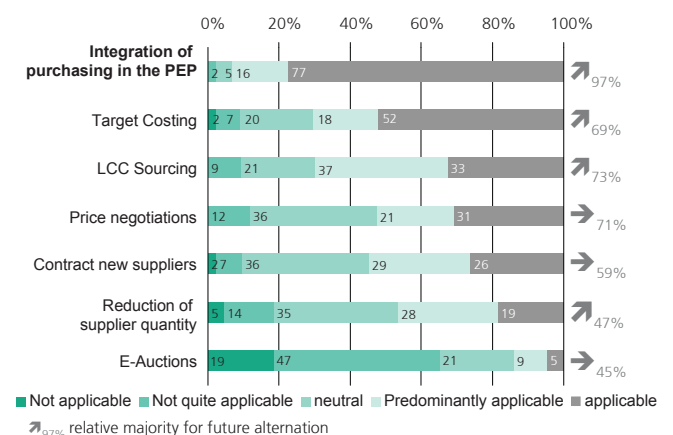
Auf der Basis telefonischer Befragungen ausgewählter Unternehmen und einem detaillierten Fragenkatalog, der an 600 Unternehmen unterschiedlicher Branchen gesendet wurde, identifizierte das Fraunhofer IPT Maßnahmen, mit denen der Einkauf zur Innovationsförderung beitragen kann. So zeigte sich, dass die Innovationsförderung als Ziel in der Strategief formulierung des Einkaufs immer wichtiger wird. Auch fördern viele Entwicklungslieferanten gezielt ihre Innovationsfähigkeit. Die Lieferantenbewertung unterschied hier zwischen Entwicklungslieferanten und Nicht-Entwicklungslieferanten. Die Kriterien Kommunikationsverhalten, Flexibilität und Liefertreue

In many industries, the proportion of the added value created by the suppliers has grown considerably over the past few years. As a result, many companies have come to depend on the innovation capabilities of their suppliers. More and more purchasing departments – in their capacity as interfaces to the procurement markets – are proactively stimulating and harnessing the suppliers' innovations. In the past, these departments used to manage costs and ensure quality as well as reliable deliveries – in today's business world, they must develop new methods and practices to foster suppliers' innovation.

*Worin sehen Sie die größten Hebel des Einkaufs für Einsparungen?*

*Wie verändert sich die Relevanz der einzelnen Hebel in Zukunft?*

*What do you consider as the most promising lever for cost reduction? How does the lever's relevance alter in the future?*





hielten die Unternehmen bei Entwicklungslieferanten für besonders wichtig. Beim Beschaffungsprozess fehlt es in den meisten Unternehmen an definierten Kanälen, um Ideen und Innovationen einzusteuern. Werden Ideen oder Innovationen über den Einkauf in den Produktentwicklungsprozess eingebracht, stehen zurzeit nur wenig Ressourcen zur Prüfung, Bewertung und Umsetzung zur Verfügung. Dennoch wird der Einkauf bereits heute immer stärker in den Entwicklungsprozess eingebunden, in Zukunft soll dies immer öfter auch schon in frühen Phasen geschehen. Die Studie ergab, dass sich so Entwicklungs- und Materialkosten sowie Time-to-Market reduzieren lassen. Eine weitere wichtige interne Schnittstelle des Einkaufs befindet sich in der Technologieplanung. Zwei Drittel der Befragten sehen zukünftig einen stärkeren Austausch zwischen Technologieplanung und Einkauf, um eine zielgerichtete Auswahl und Synchronisation technologieorientierter Maßnahmen zu gewährleisten.

[www.ipt.fraunhofer.de/press/StudiInnovationsmanagement.jsp](http://www.ipt.fraunhofer.de/press/StudiInnovationsmanagement.jsp)

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Kfm. Michael Hoppe  
Telefon/Phone +49 241 8904-163  
[michael.hoppe@ipt.fraunhofer.de](mailto:michael.hoppe@ipt.fraunhofer.de)

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Markus Wellensiek  
Telefon/Phone +49 241 8904-114  
[markus.wellensiek@ipt.fraunhofer.de](mailto:markus.wellensiek@ipt.fraunhofer.de)

In this context, the Fraunhofer IPT and Ernst & Young conducted a survey on "Sourcing as an Instrument for Innovation Management" in order to support companies facing these new challenges. The survey aimed to point out methods and practices that would allow companies to benefit from their suppliers' ideas and innovations at an early stage.

On the basis of a telephone survey with selected companies and a detailed questionnaire that was sent out to over 600 companies from different industries, the Fraunhofer IPT identified possible instruments that would enable the sourcing department to foster innovation.

The survey shows for example that more and more sourcing strategies contain the active encouragement of innovation. Many "development suppliers" get encouraged to improve their development capacities. The assessment of suppliers distinguished between "development suppliers" and "non-development suppliers". For their development suppliers, corporations put a focus on criteria such as communication behavior, flexibility and delivery reliability. The survey also showed that most companies had no clearly defined channels for the input of ideas and innovations. If innovations are introduced into the product development process by the sourcing departments, only few resources for checking, benchmarking (assessment) and implementation are provided. Nevertheless, sourcing is increasingly becoming a part of the development process and in the future especially of its early stages. Doing so will reduce development costs and purchasing prices as well as the time-to-market. Technology planning was identified as a further significant internal interface of the sourcing process. Two-thirds of the respondents anticipate a more comprehensive exchange between technology planning and sourcing in order to achieve a more target-oriented selection and coordination of technology-oriented actions.



# Globale Optimierung der Materialkosten

## Global Optimization of Material Costs

Nicht nur die Produktion, sondern auch die Entwicklungs- und Einkaufsabteilungen vieler Konzerne sind heute weltweit verteilt und dezentral organisiert. Immer stärker setzt sich die Erkenntnis durch, dass hier durch eine bessere Koordination der globalen Aktivitäten noch großes Potenzial besteht, Kosten und Varianten zu reduzieren. Mit diesem Ziel führte das Geschäftsfeld »Trucks« der Daimler AG ein Optimierungsprogramm unter Beteiligung des Fraunhofer IPT durch.

Über einen Zeitraum von 15 Monaten unterstützten Mitarbeiter des Fraunhofer IPT die globale Optimierungsinitiative »Material Strategy and Innovation Council« von Daimler Trucks. Ziel des Programms ist es, durch technische und kommerzielle Maßnahmen sowie durch eine geringere Variantenzahl Kosten für Beschaffungsmaterial zu sparen.

Dies spiegelte sich in der Projektorganisation wider, die sich über die Bereiche Einkauf, Entwicklung und Kostenplanung erstreckte. Das Programmmanagementteam, das sich zu gleichen Teilen aus Mitarbeitern der Daimler AG und des Fraunhofer IPT zusammensetzte, arbeitete in enger Abstimmung vor Ort bei der Daimler AG. Auf diese Weise gelang es, das fachliche Know-how der Daimler AG mit der Methodenzusammenfassung des Fraunhofer IPT effizient zu verknüpfen.

Der Wunsch nach weltweiter Preistransparenz bildete die Grundlage für die Suche nach unerschlossenen Potenzialen. Die methodische Basis dafür lieferte das so genannte Linear

In today's global business world, not only manufacturing operations, but also other corporate functions such as engineering and procurement, are increasingly decentralized and distributed all over the world. Companies are becoming aware of the fact that significant cost reduction and standardization potentials can be achieved by a more intensive coordination of these global activities. Against this background, an optimization program was launched in Daimler AG's truck division and was supported by the Fraunhofer IPT.

Over a period of fifteen months, staff members of the Fraunhofer IPT supported the global Daimler Trucks optimization initiative "Material Strategy and Innovation Council". The program was launched to achieve material cost reduction through technical and commercial measures as well as variant reductions.

These objectives were reflected by the cross-functional organization of the project. The project teams included staff members from purchasing, product engineering and cost planning. The program management was made up in equal parts of Daimler and Fraunhofer staff members, working on site and in close cooperation. The technical expertise of Daimler AG was efficiently combined with the methodological competence of the Fraunhofer IPT.

The provision of global price transparency represented the first and fundamental step in the search for and exploration of un-





Performance Pricing (LPP). Dieses statistische Analyseverfahren erlaubt es, die Preise von Zukaufteilen unterschiedlicher Lieferanten mit verschiedenen Leistungsmerkmalen zu vergleichen. Eine Voraussetzung dafür ist die Festlegung homogener Teilefamilien. Innerhalb dieser Teilefamilien lässt sich die Preis-Leistungs-Relation der Bauteile durch Preis- und Kostentreiber beschreiben. Ansatzpunkte für spätere Maßnahmen ergeben sich aus der Abweichung einzelner Beschaffungsteile von einer »idealen« Preisgeraden.

Für das Projekt analysierte das Fraunhofer IPT mehr als vierzig Teilefamilien und visualisierte sie in Form von LPP-Charts. Diese bildeten die Informationsbasis für globale Workshops, an denen sich Einkäufer, Entwickler und Kostenplaner aus Europa, Japan, den USA und Brasilien beteiligten. In den regionen-übergreifenden Diskussionen gelang es, Maßnahmen zu identifizieren, die im Anschluss durch Detailanalysen verifiziert und quantifiziert wurden.

Indem die Methode Schritt für Schritt durchlaufen wurde, konnten in den betrachteten Warengruppen unterschiedliche Maßnahmen angestoßen werden, um die Materialkosten nachhaltig zu senken – darunter Lieferantenwechsel, Produktentfeinerungen, Materialsubstitutionen, Prozess-optimierungen, Design- und Technologiewechsel.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Jennifer Kreysa  
Telefon/Phone +49 241 8904-274  
jennifer.kreysa@ipt.fraunhofer.de

Daimler AG  
Dipl.-Ing. Dipl.-Kfm. Volker Richters  
Telefon/Phone +49 711 17-39945  
volker.richters@daimler.com

exploited business potentials. The so-called Linear Performance Pricing analysis system (LPP) provided the methodological basis for this approach. This system compares supplied components with different properties sourced from different suppliers – as long as they can be assigned to the same "component family". The price-performance ratios of the components within the same family can be described using a set of price or cost drivers. The extent to which individual components deviate from an "ideal" price line provides the basis for conclusions and any concrete optimization measures.

In the course of the program more than forty component families were analyzed and visualized in so-called LPP charts. These charts in turn provided the basis for cross-regional workshops of buyers, product engineers and cost planning experts from operating sites in Europe, Japan, the US and Brazil. These cross-regional workshops succeeded in identifying a whole range of concrete optimization measures whose effects were subsequently verified and quantified by detailed analyses.

By successively going through these steps, many different measures were implemented in the various product groups, contributing to a sustainable reduction in material costs. These measures included a change of suppliers or of manufacturing technology, a reduction of product complexity, a use of new and equivalent materials and design modifications.

# FRAUNHOFER CMI – DIAGNOSESYSTEM FÜR BAKTERIELLE BLUTERKRANKUNGEN

## DIAGNOSTICS FOR BACTEREMIA

Eine der größten Herausforderungen beim Aufspüren bakterieller Krankheitserreger in Gewebe- oder Umweltproben bietet die oftmals niedrige Bakterienkonzentration. Herkömmliche Verfahren nehmen diese Hürde, indem sie die Konzentration verstärken. Der Einsatz solcher Diagnoseverfahren erfordert deshalb in der Praxis neue Methoden für die automatisierte und schnelle Probengewinnung. Gerade in der Medizin gibt es einen dringenden Bedarf an solchen Verfahren, um bakterielle Infektionen im Blutkreislauf schnell und ambulant zu diagnostizieren.

Das Fraunhofer CMI entwickelte dafür ein prototypisches System zur Aufbereitung von Blutproben, die Bakterien enthalten. Es kann Bakterien aus beliebigen Blutproben isolieren und die Konzentration der Bakterien in weniger als 15 Minuten um den Faktor 1 000 erhöhen. Aus einer Probe von 10 ml Blut mit einer Bakterienkonzentration von 10-100 cfu/ml gewinnt der Prototyp des Systems 5 µl reine, konzentrierte Bakterienlösung.

Der Prototyp besteht aus einem Einweg-Bauteil in Form einer dreiteiligen Kammer mit zwei Dosierventilen und einer Steuerungsmechanik und passt in eine 250-ml-Zentrifugentrommel. In einem makrofluidischen Prozess mischt es das infizierte Blut mit einem Lysis-Puffer, der Blutzellen schneller aufbricht als Bakterien. Dann wird die Probe zentrifugiert und nur die Bakterien setzen sich am Boden der ersten Kammer ab. Ein Messventil lässt nun 5 µl der Flüssigkeit vom Boden der ersten Kammer in die zweite Kammer, in der 100 µl Wasser enthalten sind. Die Bakterien werden dort gespült und dann ein weiteres

One of the major challenges in detecting bacterial pathogens in physiological and environmental samples is that the bacterial concentration is very low. Standard methodologies overcome this hurdle by amplifying the target. To enable implementation of these new detection technologies, new methods are needed for automatable and rapid sample preparation of pathogens. In the field of medicine, there is an urgent need for the rapid identification of bacteria in bloodstream infections at the point-of-care.

Fraunhofer CMI has developed a prototype system for sample preparation of bacteria from blood. The prototype system was designed to isolate bacteria from all blood components and concentrate the bacteria by a factor of  $10^3$  in less than 15 mins. The input to the system is 10 mL of blood with 10-100 cfu/mL bacteria and the output is 5 µL of purified and concentrated bacteria.

The prototype consists of a three-chamber disposable component with two metering valves between each of the chambers and a mechanical device that actuates the valves. The entire prototype fits inside a bucket of a 250 mL swinging bucket centrifuge rotor. The macrofluidic process consists of mixing the infected blood with a lysis buffer, which preferentially lyses the blood cells over the bacteria. Then the sample is centrifuged and the bacteria pellet at the bottom of the first chamber. A metering valve transfers 5 µL from the bottom of the first chamber to the second chamber of 100 µL of water. The bacteria are washed in the second chamber and then the sample is centrifuged again to concentrate the bacteria



Mal zentrifugiert, um sie abermals am Boden der Kammer zu konzentrieren. Das zweite Messventil lässt nun 5 µl der konzentrierten Bakterien zur Entnahme in die dritte Kammer.

Die makrofluidische Konzentration der Bakterienlösung erfordert ein dreimaliges Zentrifugieren und zwei Ventilbewegungen. Aufgrund der Lysis-Puffer-Konzentration ist ein gleichmäßiges Timing entscheidend. Deshalb entwickelte das Fraunhofer CMI ein Steuerungselement, das die Ventile automatisiert bewegt, sobald die Zentrifuge abbremst. In einer Zentrifuge mit eigener programmierbarer Steuerung lassen sich die Bakterien nun in einem einzigen Schritt abscheiden.

Die Messventile werden mit einer Kraft von 22 N einfach rund 1 cm nach innen gedrückt. Aufgrund der hohen Zentrifugalkräfte von 3 000 G, dem geringem Volumen von 3,8 x 6,4 x 8,9 cm<sup>3</sup> und dem niedrigen Gewicht von rund 360 g ist der Gestaltungsspielraum für die Steuerung sehr begrenzt. Das Fraunhofer CMI hat deshalb ein Steuerungselement entwickelt, das die erforderliche Energie durch die Beschleunigung der Zentrifuge gewinnt und in Torsionsfedern speichert. Sobald die Zentrifuge abbremst, gibt die Feder die Energie frei und bewegt das Ventil. Jedes Ventil wird durch eine 1,13 Nm-Torsionsfeder mit einem exzentrischen Gewicht von 27 g oder einen Schwenkhebel bewegt. Bei voller Geschwindigkeit wiegt der Schwenkhebel effektiv rund 80 kg und spannt damit die Feder. Ein kleiner Riegel bewegt den Hebel und den Kolben des Ventils unabhängig davon. Wenn die Zentrifuge abbremst, entspannt sich die Feder und zieht den Kolben, so dass sich das Ventil öffnet.

Das Fraunhofer CMI konnte zeigen, dass der Prototyp mehr als 50 Prozent der Bakterien aus dem Blut gewinnen kann – gerade bei geringen Konzentrationen um 100 cfu/ml, wie sie häufig zu Beginn bakterieller Infektionen im Blut gemessen werden. Mit stärkeren Bakterienkonzentrationen ist die Ausbeute noch erheblich größer.

at the bottom of the chamber. A second metering valve then transfers 5 µL of concentrated bacteria into a third chamber. The macrofluidic concentration process requires three centrifugations and two valve actuations and, due to the lysis buffer concentration, consistent timing is important. For these reasons, Fraunhofer CMI developed a device that automatically actuates the valves as the centrifuge decelerates. When used with a centrifuge controlled by a programmable controller, the purification process becomes a one-step operation.

The metering valves are actuated simply by pushing them 0.4 inches inwards from their starting position. Approximately five pounds of force is required. The high centrifugal forces (3,000 G), small volume (1.5" x 2.5" x 3.5") and low weight limit (0.8 lbs) put serious limitations on the design of the automation. Fraunhofer CMI has developed a valve actuation device that stores energy in torsion springs while the centrifuge is accelerating and uses the energy to move the valves during deceleration. Each valve is actuated by a 10 in-lb torsion spring with 27 g eccentric weight, or swing arm. At full speed, the 27 g (0.06 lb mass) swing arm effectively weighs 180 lbs, which "arms" the spring. A key feature is a latch, which allows the swing arm and piston to move independently. As the centrifuge decelerates, the spring returns to its relaxed state and as it does, it extends a piston to actuate the valve.

Fraunhofer CMI has demonstrated that the prototype can concentrate bacteria from blood with an efficiency of greater than 50 % (by plate counting) for low concentrations of bacteria (100 cfu/mL) as are commonly found in human cases of bacteremia. A higher recovery can be achieved with higher concentrations of bacteria.

#### **Kontakt/Contact**

Alexis Sauer-Budge, Ph.D.  
Telefon/Phone +1 617 353 1895  
asauerbudge@fraunhofer.org

# FRAUNHOFER CMI – SCHNELLER TEST ZUR EMPFINDLICHKEIT VON BAKTERIEN GEGENÜBER ANTIBIOTIKA RAPID ANTIBIOTIC SUSCEPTIBILITY TESTING

Das Fraunhofer CMI erhält eine Förderung des National Institute for Health (NIH) und des National Institute for Allergy and Infectious Diseases (NIAID) für seine Arbeiten an einer neuen Methode, die dabei helfen soll, die Anfälligkeit von Bakterien gegenüber unterschiedlichen Antibiotika zu prüfen.

Die zunehmende Resistenz von Bakterien gegenüber gängigen Antibiotika ist ein weltweites Problem. Mediziner therapieren ihre Patienten heute meist nach ihrer Krankheitsgeschichte, einer körperlichen Untersuchung und – sofern eine bakterielle Infektion vorliegt – anhand der Untersuchungsergebnisse von Bakterienkulturen, die vom Patienten gewonnen werden. Die Kultivierung der meisten Bakterienstämme dauert zwischen drei und fünf Tagen. Erst dann lässt sich zuverlässig feststellen, um welche Art es sich handelt und welche Medikamente dagegen wirken. Häufig können Arzt und Patient aber nicht so lange mit der Behandlung warten, daher verlassen sich die Mediziner auf ihr objektives Urteilsvermögen und verschreiben Medikamente auch ohne diese zusätzliche Informationen über die genaue Art der Infektion. Wird ein Antibiotikum verschrieben, das nicht in ausreichendem Maße wirksam ist, wächst die Gefahr, dass sich Resistenzen bilden.

Ein schnelleres Diagnoseverfahren kann dem behandelnden Arzt dabei helfen, von Anfang an das richtige Antibiotikum zu verschreiben. Hier setzt das Fraunhofer CMI an: Bisher war es stets erforderlich, dass die Bakterien zunächst kultiviert werden mussten, damit sie für weitere Untersuchungen in

Fraunhofer CMI received a R21 exploratory research grant from the National Institutes for Health (NIH), National Institute for Allergy and Infectious Diseases (NIAID) for investigating a new method of detecting antibiotic susceptibility in bacteria.

Globally, antibiotic resistance is a very serious problem. When a person becomes ill and goes to a physician for treatment, the doctor takes a clinical history, does a physical exam, and, if (s)he suspects a bacterial infection, will take a specimen to send for culture. For most bacteria, it takes 3 to 5 days to determine bacteria identity and its drug susceptibility as the standard methods are based on culture methods and therefore require time to allow the bacteria to grow. In many cases, physicians cannot wait for culture results to administer treatment and so they use their clinical judgment and prescribe treatment in the absence of this information. Some of the time, the wrong antibiotic is prescribed and these events contribute to the rising problem of antibiotic resistance.

What is needed is a faster diagnostic to enable physicians to prescribe appropriate antibiotic therapy in the first place. That's where Fraunhofer CMI is developing cutting-edge new methods. The current practice (culture) requires that the bacteria grow to a high concentration. In the case of tuberculosis, which is an infectious disease that usually attacks the lungs, diagnostics can take as long as six weeks. One rapid diagnostic method with a shorter time to results is Polymerase Chain Reaction (PCR). PCR is a genetic test that looks for specific





einer höheren Konzentration vorliegen. Bei einer hochinfektiösen Tuberkulose-Erkrankung, die zumeist die Lungen stark angreift, konnte dies bis zu sechs Wochen dauern. Für eine schnellere Diagnose eignet sich die Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Diese gentechnische Testmethode spürt besondere Mutationen in den Bakterien auf, die auf eine Antibiotikaresistenz schließen lassen. Verschiedene Mutationen können dabei zu unterschiedlichen Resistenzen führen.

An ihre Grenzen stößt die PCR allerdings bei einer größeren Anzahl an Mutationen oder wenn diese noch nicht bekannt sind. Die Forscher des Fraunhofer CMI haben deshalb eine mikrofluidische Methode entwickelt, mit der sich die Bakterien anhand ihrer Phänotypen, also ihrer sichtbaren Merkmale, identifizieren lassen, die sich durch die Interaktion zwischen Genen und Umwelt ausprägen. Mit dieser Methode kann die Empfindlichkeit von Bakterien gegenüber bestimmten Antibiotika im Labor innerhalb von zehn Minuten festgestellt werden. Gegenüber den üblichen Verfahren, die hierfür drei bis fünf Tage brauchten, ist dies ein ausgesprochener Fortschritt. Darüberhinaus ist die phänotypische Untersuchung sicher gegenüber genetischen Mutationen, die neue Resistenzen hervorrufen, und erfordert im Vorfeld keine Kenntnis des Genotyps.

Das Fraunhofer CMI konzentriert sich zunächst auf das Bakterium *Staphylococcus aureus*, das Haut und Blut infizieren kann. Der Methicillin-resistente *S. aureus* (MRSA) ist eine weit verbreitete Ursache für so genannte nosokomiale Infektionen in Krankenhäusern und medizinischen Praxen. Das NIH fördert das Fraunhofer CMI dabei, die neue Methode an verschiedenen Bakterienstämmen zu erproben und zu standardisieren, so dass die Empfindlichkeiten dieser Bakterien gegenüber Antibiotika schnell aufgespürt werden.

mutations that confer resistance to antibiotics. However, bacteria can develop resistance in many ways (and thus various mutations can confer resistance).

Unfortunately, PCR is limited by how many mutations can be interrogated at once and that the genetic basis of the mutation is known ahead of time. Researchers at Fraunhofer CMI came up with a micro-fluidic based method to interrogate the bacteria in a phenotypical method (the visible characteristics of an organism resulting from the interaction between its genetic makeup and the environment). The method can detect susceptibility in the lab, in 10 minutes. This is a significant improvement over the current practice which takes 3 to 5 days. Moreover, since the method is a phenotypical method, it is robust to genetic mutations conferring new types of resistance and does not require a priori knowledge of the genotype.

Fraunhofer CMI is focusing on one bacteria, *Staphylococcus aureus*, which causes skin and blood infections. Methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) is a significant contributor to nosocomial infections. The NIH grant is funding Fraunhofer CMI to develop the method further by studying different strains of the bacteria and to standardize the protocol so that their susceptibility can be rapidly determined.

#### **Kontakt/Contact**

Alexis Sauer-Budge, Ph.D.  
Telefon/Phone +1 617 353 1895  
[asauerbudge@fraunhofer.org](mailto:asauerbudge@fraunhofer.org)

# KOOPERATIONEN

## COOPERATIONS



- 128 **MTU Aero Engines – Ausbau einer vertrauensvollen Zusammenarbeit**  
MTU Aero Engines – Building on a Business Relationship of Mutual Trust
- 130 **StarragHeckert – Prozessoptimierte 5-Achs-Fräsbearbeitung**  
StarragHeckert – Optimized 5-axis Milling Processes
- 132 **AFPT – Laserunterstütztes Tapelegen thermoplastischer FVK-Tapes**  
AFPT – Laser-assisted Tape Laying of Thermoplastic FRP Tapes
- 134 **Forschungsgemeinschaft Ultrapräzisionstechnik e.V.**  
Research Association “Ultra Precision Technology”
- 136 **aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau**  
aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau
- 138 **Hightech-Produktion für Wachstumsmärkte**  
Hightech Production for Expanding Markets
- 140 **Fraunhofer-Verbund Produktion: Kompetenz durch Vernetzung**  
Fraunhofer Production Alliance: Competence through Networking
- 142 **Gemeinsam zur Energie- und Ressourceneffizienz**  
Joint Efforts to Achieve Higher Levels of Energy and Resource Efficiency
- 144 **Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung**  
Fraunhofer Additive Manufacturing Alliance

## MTU AERO ENGINES – AUSBAU EINER VERTRAUENSVOLLEN ZUSAMMENARBEIT

## MTU AERO ENGINES – BUILDING ON A BUSINESS RELATIONSHIP OF MUTUAL TRUST

Die MTU Aero Engines ist Deutschlands führender Triebwerkshersteller und weltweit eine feste Größe. Der Antriebsspezialist ist in wesentlichen Schlüsselbereichen technologisch führend und unter anderem Anbieter weltweiter Spitzentechnologie für Hochdruckverdichter und Niederdruckturbinen. Im Bereich der Fertigungstechnologie und des Technologiemanagements blicken die MTU und das Fraunhofer IPT auf eine erfolgreiche gemeinsame Vergangenheit zurück. Aus diesem Grund unterschrieben beide Partner 2003 eine gemeinsame Rahmenvereinbarung. Diese bildete den Grundstein für eine intensivere Fortführung der erfolgreichen Zusammenarbeit.

Das Fraunhofer IPT hat im Bereich des simultanen 5-Achs-Hochleistungsfräsens von Verdichter- und Turbinenkomponenten, dessen Prozessauslegung und -optimierung ein grundlegendes Know-how aufbauen können, das in anwendungsorientierten Entwicklungsaufträgen und Prototypenfertigungen kontinuierlich ausgebaut wurde. Die Herausforderung stieg mit der Komplexität der Bearbeitungsaufgabe, gegeben durch gehobene Ansprüche der Leichtbaukonstruktion, widerstandsfähigere Werkstoffe und aerodynamisch optimierte Strömungsflächen. Vor allem in der Fräsbearbeitung von BLISKs (Blade Integrated Disks) aus hochtemperatur- und kriechbeständigen Schmiedelegerungen ist grundlegendes Prozessverständnis gefragt, so dass die sehr kostenintensiven Rohteile bereits in der ersten Prozessauslegung den Zielvorgaben entsprechend gefertigt werden können. Weitere Iterationsschleifen sind in der Praxis

MTU Aero Engines is Germany's leading jet engine producer and a global brand. The company, a global leader in many key areas of propulsion technology, primarily provides world-leading technology for high-pressure compressors and low-pressure turbines. MTU and the Fraunhofer IPT have conducted many manufacturing technology and technology management projects in the past and were happy to continue this long history of successful joint ventures by signing a comprehensive framework agreement in 2003. This agreement in turn has provided the foundation for an even closer cooperation.

The Fraunhofer IPT has developed the technological skills and procedures for milling compressor and turbine components by simultaneous 5-axis high-performance machining. These skills have been optimized and extended continuously through the years in application-orientated development assignments and prototype production. Over the years, the processing tasks became ever more complex, in proportion to the higher structural requirements of lightweight construction, innovative materials and aerodynamically optimized surfaces. The milling of BLISKs ("blade-integrated disks") made from high-temperature- and high-strength alloys in particular require an essential understanding of the processes involved, because the desired product requirements must be matched with these cost-intensive parts already in the initial process design, since iterative optimizing steps are not an option. To meet this requirement, the Fraunhofer IPT has been able to



oft nicht möglich. Um die Anforderungen zu erfüllen, greift das Fraunhofer IPT auf fundiertes Wissen zurück, das aus der Anwendung erworben und wissenschaftlich ausgebaut wurde. So hat sich das Fraunhofer IPT als Innovationsschmiede im Bereich des simultanen 5-Achs-Hochleistungsfräsens etabliert.

Zum Dezember 2009 verstärken die MTU und das Fraunhofer IPT die Zusammenarbeit im Bereich der Drehbearbeitung von Turbinenscheiben und BLISKs. Die Investition in eine Monforts UniCen 1002 Dreh- und Fräsmaschine erlaubt es dem Fraunhofer IPT zukünftig, die Prozesskette der Prototypenfertigung rotatorischer Turbinenkomponenten um die Drehbearbeitung zu erweitern. Die MTU setzt dabei weiterhin auf die innovativen Fertigungslösungen aus dem Fraunhofer IPT und beabsichtigt, prototypische Turbinenscheiben und BLISKs am Fraunhofer IPT fertigen und Prozesse grundlegend analysieren und optimieren zu lassen.

Weiterhin wird die Monforts UniCen 1002 mit einem mehrachsigen Fräsbearbeitungskopf ausgestattet, dessen dynamisches Verhalten und Leistungsfähigkeit in diversen Bearbeitungsaufgaben grundlegend untersucht wird. Mit dem vorhandenen Know-how und den selbst entwickelten Softwaretools zur Analyse der Bearbeitungsdynamik ermittelt das Fraunhofer IPT zielorientiert das geeignete Einsatzgebiet der hochinnovativen Drehmaschine.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Martin Witty  
Telefon/Phone +49 241 8904-428  
martin.witty@ipt.fraunhofer.de

use its large body of scientific knowledge that has been built up during long periods of active application. This has allowed the Fraunhofer IPT to establish itself as a centre of innovation in the field of simultaneous 5-axis high-performance milling.

By December 2009, MTU and the Fraunhofer IPT extend their cooperation to the lathing of turbine disks and BLISKs. The investment into an Monforts UniCen 1002 provides the Fraunhofer IPT with the opportunity of expanding the process chain of prototype-production of rotary turbine components by a lathing option. MTU will continue to rely on innovative production solutions provided by the Fraunhofer IPT. Their turbine disk and BLISK prototypes will be manufactured at Fraunhofer IPT and their processes will be fundamentally analyzed and optimized there as well.

The Monforts UniCen 1002 will be equipped with a multi-axis milling spindle, whose dynamic behavior and performance capability will be fundamentally evaluated in various processing-tasks. With the existing know-how and the self-developed software tools for the analysis of processing dynamics, the Fraunhofer IPT will identify which fields of application are specifically suitable for this highly innovative lathing machine.

## STARRAGHECKERT – PROZESSOPTIMIERTE 5-ACHS-FRÄSBEARBEITUNG OPTIMIZED 5-AXIS MILLING PROCESSES

Die Prozessauslegung bei der spanenden Fertigung von Gas- und Dampfturbinenschaufeln ist aufgrund der komplexen Schaufelgeometrien äußerst anspruchsvoll. Der hohe Freiformflächenanteil erfordert dynamische Maschinenachsen und das ungünstige Längen-Dicken-Verhältnis begünstigt werkzeuginduzierte Vibrationen. Die Einsatzumgebung der Schaufeln bei mehreren hundert Grad Celsius erfordert den Einsatz wärmebeständiger Werkstoffe, deren schwierige Zerspanung zusätzliche Herausforderungen bietet.

Gemeinsam mit der StarragHeckert AG entwickelt das Fraunhofer IPT Schrappfräs- und Schleifprozesse für die Einzelschaufelfertigung weiter. Für diese Untersuchungen kommt das Schaufelbearbeitungszentrum LX 151 der StarragHeckert AG zum Einsatz. Die Anlage verfügt über eine spezielle Maschinenkinematik und eine Momenten- und Kraftkopplung der Bauteileinspannungen. An beiden Schaufelenden sind Einspannungen positioniert, die thermisch induzierte Bauteilausdehnungen erfassen und ausgleichen. Mit diesem Einspannsystem lässt sich ein definierter Spannungszustand erzielen, um strukturelle Eigenschaften wie Steifigkeit und Bauteileigenresonanz gezielt zu beeinflussen. Auf diese Weise kann die Prozessstabilität durch minimierte Abdrängungen und Vibrationen erhöht werden.

Das Fraunhofer IPT untersucht im Projekt gemeinsam mit StarragHeckert den Schrappprozess. Ziel ist eine bessere Parametrisierung und Werkzeugwahl, um die Bearbeitungszeit zu verkürzen. Verschiedene innovative Fräsverfahren wie das Tauchfräsen dienen dazu, die bis zu 700 mm langen Schaufeln

The process layout required to mill single blades for gas and steam turbines is highly demanding due to the complex blade geometries involved. The high freeform ratios require dynamic machine axes, and the unfavourable length-thickness ratios amplify the tool-induced vibrations. An additional challenge is provided by the operational environment of the blades at temperatures of several hundred degrees Celsius. These conditions require materials that are resistant to high temperatures, but these are exactly the materials that are generally difficult to mill.

In collaboration with the StarragHeckert AG, the Fraunhofer IPT is working on the improvement of roughing and grinding processes for the production of single blades. This research effort is based on the simultaneous 5-axis high-performance machining center LX 151 of the StarragHeckert AG. The LX 151 features special machine kinematics and, additionally, a momentum coupling and a force coupling of the two clampings. The clampings are located at the two blade ends and can detect and compensate any thermally induced expansion of the workpiece. It is furthermore possible to induce a defined elastic stress condition within the workpiece to influence structural properties such as rigidity and self-resonance. This provides higher levels of process stability through a reduction of tool deflection and vibration.

In the course of the project, the Fraunhofer IPT is investigating the roughing process together with StarragHeckert. Together, they aim to improve the selection of parameters and suitable tools with a view to reducing machining time. To determine



möglichst effizient zu zerspanen. Da die gewünschte Geometrie erst nach mehreren Schrappprozessen erreicht wird, gilt es, aussichtsreiche alternative Bearbeitungsstrategien zu ermitteln. Nach dem Fräsen ist die Endbearbeitung der Schaufel durch einen Schleifprozess vorgesehen. Im Projekt untersucht das Fraunhofer IPT, wie sich diese Feinbearbeitung durch einen automatisierten Schleifprozess in der gegebenen Maschinenumgebung durchführen lässt. Abschließend werden die künstlichen Spannungen und Verformungen im Werkstück, die durch die Kraftkopplung erzeugt wurden, anhand von FEM-Simulationen abgebildet und die Simulationsergebnisse an der LX 151 überprüft. Als Ergebnis des Projekts gibt das Fraunhofer IPT eine Handlungsempfehlung zur weiteren Verwendung dieser Einspanntechnologie.

Das gemeinsame Projekt mit der StarragHeckert AG ist auf drei Jahre angelegt und fordert abteilungsübergreifende Kompetenzen aus den Bereichen CAx-Technologie, Hochleistungszerspanung und Feinbearbeitung des Fraunhofer IPT. Das bereits sehr hohe Fertigungsniveau von StarragHeckert soll dieses Projekt über die bisherigen Leistungsgrenzen der Einzelschaufelfertigung hinweg noch verbessern.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Christian Jelich  
Telefon/Phone +49 241 8904-231  
christian.jelich@ipt.fraunhofer.de

the most efficient process of manufacturing single blades with lengths of up to 700 mm, a variety of innovative milling strategies such as plunge milling are being applied and assessed. Since several roughing processes are necessary to reach the target geometry, alternative manufacturing strategies promise a high potential of optimization. The milling process is followed by a fine machining process in which selected geometry features of the blade are grinded. The Fraunhofer IPT is also exploring the possibility of realizing a fully automated grinding process in the LX 151. As a concluding step, the stress condition induced by the force coupling will be simulated by FEM and verified by experiments on the machine. As a result the Fraunhofer IPT will recommend a procedure for the further use of the clamping system.

During the 3-year project, StarragHeckert and experts from different departments of the Fraunhofer IPT will closely collaborate in the areas of CAx technology, 5-axis milling technology and fine machining. Based on the high standard of manufacture at StarragHeckert, the paramount goal of this project is to set new standards in the performance of single blade manufacturing.

## **AFPT – LASERUNTERSTÜTZTES TAPELEGEN THERMOPLASTISCHER FVK-TAPES**

### **LASER-ASSISTED TAPE LAYING OF THERMO- PLASTIC FRP TAPES**

Ziel der Kooperation zwischen dem niederländischen Unternehmen AFPT B.V. und dem Fraunhofer IPT ist die Entwicklung von Thermoplast-Tapelegeanlagen mit Laserintegration für die Verarbeitung endlosfaserverstärkter Kunststoffe zu höchstleistungsfähigen Leichtbauteilen, wie sie beispielsweise in der Luft- und Raumfahrttechnik eingesetzt werden.

Faserverbundwerkstoffe gewinnen aufgrund ihrer hervorragenden Leichtbaueigenschaften immer stärker an Bedeutung. Besonders vor dem Hintergrund des weltweit wachsenden ökologischen Bewusstseins kommen sie nicht nur in der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz, sondern nehmen zunehmend Einzug in Massenprodukte, etwa im Automobil- oder Sportgerätebau. Die hohen Produktionskosten stehen jedoch dem Einsatz dieser Werkstoffklasse häufig immer noch entgegen.

Aus diesem Grund erforscht das Fraunhofer IPT zusammen mit AFPT B.V. den laserunterstützten Thermoplast-Tapelegeprozess und entwickelt entsprechende Produktionsanlagen, um die Produktionskosten zu senken. Dieses Verfahren ermöglicht ondulationsfreie und frei orientierbare Verstärkungsfasern im Bauteil mit Faservolumengehalten von mehr als 60 Prozent. Damit lassen sich endlosfaserverstärkte Kunststoff-Strukturbauteile der höchsten Leistungsklasse herstellen.

Von Vorteil gegenüber den heute üblichen Technologien ist es, dass das vollautomatisierbare Verfahren in der Produktion

The Dutch company AFPT B.V. and the Fraunhofer IPT are conducting this joint project to develop new tape laying facilities with integrated laser equipment to manufacture light-weight components from thermoplastic fiber-reinforced plastics (FRP). Such components are required, for example, by the aerospace industry.

Due to their excellent weight-to-strength ratios, the demand for composites from many industries is steadily growing. Their use is no longer restricted to the aerospace industry: many of today's mass-produced articles, for example cars and certain items of sports equipment, incorporate composites, not least due to environmental considerations. A far wider use of these components, however, is currently still being prevented by their high manufacturing costs.

This is why Fraunhofer IPT and AFPT B.V. are currently exploring the potential of the laser-assisted tape laying process of thermoplastic FRP tapes, developing suitable production facilities with a view to cutting production costs. With this process, it becomes possible to insert ondulation-free and freely adjustable reinforcement fibers into components with a fiber volume content of more than 60 %. This enables the production of FRP structural components whose performances are second to none.

Both the production process itself and the subsequent storage of the semi-finished products of this fully automatic technique





und bei der Lagerung der Halbzeuge einen deutlich geringen Energieeinsatz verlangt und die Produktionszyklen verkürzt.

Diese Prozesseigenschaften werden vorrangig durch die Verwendung thermoplastischer Kunststoffe erzielt. Sie sind im Bereich endlosfaserverstärkter Kunststoffe noch wenig verbreitet, da bisher passende Verarbeitungstechniken und Anlagen fehlten. Doch endlosfaserverstärkte Thermoplaste bieten noch weitere Vorteile: Thermoplastische Kunststoffe sind sehr gut recycelbar, so dass sich diese Werkstoffklasse auch für den Einsatz in Massenprodukten eignet. Zudem erreichen die neuen Thermoplaste nicht nur die mechanischen Eigenschaften der bisher eingesetzten Duroplaste, sondern übertreffen diese oft sogar hinsichtlich der Schlagfestigkeit und Schadenstoleranz.

AFPT und Fraunhofer IPT arbeiten bereits seit einigen Jahren an verschiedenen Teilgebieten der laserunterstützten Thermoplast-Verarbeitung und können auf eine sehr erfolgreiche Zusammenarbeit zurückblicken. Unter anderem gelang es dem Konsortium, das laserunterstützte Tapewickelfverfahren in die industrielle Anwendung zu überführen. Heute sind die Entwicklungspartner bereits in der Lage, endlosfaserverstärkte Thermoplast-Rohre mit beliebigen Faserwickelwinkeln und erste endlosfaserverstärkte Thermoplast-Strukturbauteile durch laserunterstütztes Tapelegen herzustellen. AFPT und Fraunhofer IPT kooperieren sowohl in öffentlichen Projekten wie dem InnoNet-Projekt »3D-ThermoLay« (Förderkennzeichen: In-6518) als auch in bilateralen Industrieprojekten.

#### **Kontakt/Contact**

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

require a far smaller energy input than existing production technologies and also shorten the production cycles considerably.

These process properties are primarily the result of the use of thermoplastics. Thermoplastics have so far only rarely been used in conjunction with FRP since suitable techniques and facilities were not in place. Fiber-reinforced thermoplastics nevertheless have an enormous industrial potential: They can be easily recycled and are therefore perfectly suited for mass production processes. The new thermoplastics furthermore are more than a match for the mechanical properties of the conventionally used duroplastic materials, exceeding their levels of impact strength and damage tolerance.

AFPT and Fraunhofer IPT have for several years been successfully exploring different areas of laser-assisted processing of thermoplastics, succeeding – for example – to introduce the laser-assisted tape-winding technique into industrial practice. The development partners have reached the stage where they are capable of producing fiber-reinforced thermoplastic pipes with any fiber-winding angle that may be required and the first structural components made with fiber-reinforced thermoplastics by laser-assisted tape laying. AFPT and Fraunhofer IPT cooperate in public projects such as the InnoNet project "3D-ThermoLay" (contract number: In-6518) as well as in bilateral industrial projects.

## **FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT ULTRAPRÄZISIONSTECHNIK E.V. RESEARCH ASSOCIATION “ULTRA PRECISION TECHNOLOGY”**

Die Forschungsgemeinschaft für Ultrapräzisionstechnik besteht seit 1988. Ihr Ziel ist die anwendungsorientierte Erforschung industrierelevanter Themen aus der Präzisions- und Ultrapräzisionstechnik. Die Mitgliedsvereinigung der AiF finanziert sich sowohl aus Eigenmitteln der rund 30 Mitgliedsunternehmen als auch über öffentliche Fördermittel. Die Mitglieder stammen aus dem Werkzeugmaschinen- und Anlagenbau, der Automobilbranche sowie der Werkzeug- und Steuerungstechnik.

Die Forschungsgemeinschaft Ultrapräzisionstechnik e.V. widmet sich der Entwicklung neuer Produktionsmaschinen, Maschinenkomponenten wie Spindeln und Achssystemen sowie Prozess- und Steuerungstechnik. Charakteristische Produkte dieser Forschungsarbeiten sind die Ultrapräzisionsdreh- und -fräsmaschine UPM und die hochdynamische Unrunddrehmaschine UHM.

Laufende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben befassen sich mit der Entwicklung verbesserter Führungs- und Lagerungstechnik für Präzisions- und Ultrapräzisionsmaschinen sowie mit Automatisierungskonzepten für die Mikro-zerspanung durch ultrapräzise Prozessüberwachung. Hier sind auch das automatisierte Einmessen von Werkzeugen und Werkstücken sowie der vollautomatisierte Werkzeugwechsel zu nennen.

Im Mittelpunkt aktueller Forschungsarbeiten steht die Konzeption, Auslegung und Entwicklung hochpräziser Positioniersysteme durch neue hydrostatische und aerostatische Führungen

The “Ultra Precision Technology” research association was founded in 1988 with the aim of carrying out applied research into the industrially relevant aspects of precision and ultra precision technology. The AiF member association is financed by the 30 member companies as well as through public funding. Member companies represent various industrial sectors – from machine tool, plant construction and tool and control technology companies to the automotive industry.

The “Ultra Precision Technology” research association is dedicated to the development of new production machines, new machine components, such as spindles and axis systems, as well as new process and control technologies. Research work has, for instance, led to the development of the UPM ultra precision turning and milling machine and the UHM highly dynamic turning machine.

The focus of current R&D projects lies in improving the guidance and bearing technology involved in precision and ultra precision machines as well as in developing automation concepts based on ultra precision process monitoring for use in micro machining processes. This includes automating the calibration of tools and workpieces as well as fully automating the retooling process.

Current research activities are focused on designing and developing high precision positioning systems using new hydrostatic and aerostatic guides and highly dynamic drives.



und hochdynamische Antriebe. Begleitet werden diese Arbeiten durch die Entwicklung von eigener Steuerungstechnik, die die hohen Anforderungen der Ultrapräzisionstechnik an Genauigkeit und Geschwindigkeit der Datenverarbeitung unterstützt.

Die Forschungsgemeinschaft trifft sich jedes Jahr im Frühjahr und Herbst, stellt ihren Mitgliedern exklusiv die erarbeiteten Projektergebnisse vor und diskutiert neue Entwicklungsaufgaben. Die Mitgliedsunternehmen der Forschungsvereinigung profitieren nicht nur durch die Ergebnisse, sondern steuern auch die Richtung der Forschungsarbeiten selbst. Neue Mitglieder sind innerhalb der Forschungsgemeinschaft für Ultrapräzisionstechnik e.V. willkommen. Interessenten wenden sich für weitere Informationen an die Geschäftsstelle.

#### **Kontakt/Contact**

Dr.-Ing. Christian Wenzel  
Telefon/Phone +49 241 8904-112  
christian.wenzel@ipt.fraunhofer.de

In parallel to this work, the association has commissioned the development of control technologies to meet the high standards of ultra precision technology needed with regard to accurate and fast data processing.

The research association meets every spring and fall to present the research findings exclusively to its members and to discuss new development activities. Member companies not only benefit from the results of these research projects but can also decide on the focus of future research work. New members are always welcome to the association – please contact the association offices if you would like more information.

# AACHENER INITIATIVE MODELL-, WERKZEUG- UND FORMENBAU

## AACHENER INITIATIVE MODELL-, WERKZEUG- UND FORMENBAU

Mittlerweile als eine fest etablierte Plattform für Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus und seiner Zulieferer bietet der Arbeitskreis »*aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau*« den teilnehmenden Unternehmen anwendungsnahe Forschung und Entwicklung zu Themen, die von den Partnern ausgewählt, definiert und auf die konkreten Bedürfnisse hin abgestimmt werden. Die beteiligten Unternehmen profitieren dabei von einer systematischen und umsetzungsorientierten Herangehensweise, denn die ausgewählten Projekte werden innerhalb eines Jahres abgeschlossen.

Die »*aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau*« ist ein Zusammenschluss von Industrieunternehmen, für die der *aachener werkzeug- und formenbau* als gemeinsames Geschäftsfeld des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen und des Fraunhofer IPT abgestimmte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchführt. Die Initiative betrachtet dabei alle Aspekte der Wertschöpfungskette im Werkzeugbau und untersucht sowohl technologische als auch organisatorische Herausforderungen.

Neben der Projektbearbeitung im Konsortium bietet die *aachener initiative* den teilnehmenden Unternehmen seit mehr als zwölf Jahren ein Forum für den Informations- und Erfahrungsaustausch rund um den Werkzeug- und Formenbau sowie einen erleichterten Zugang zu Forschungs- und Entwicklungsressourcen beider Institute. Ziel der Initiative ist es, neue technologische und fertigungstechnische Lösungen umzuset-

Having become a firmly established institution in the tool and die making industry over the years, the working group "*aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau*" is providing its partner corporations with application-oriented research and development in areas that have been selected and defined by the partners who may also customize specific research projects to match their business priorities and requirements. These industrial partners benefit from a systematic and implementation-oriented approach, and all projects are completed within a period of one year.

The "*aachener initiative modell-, werkzeug- und formenbau*" is a joint venture of several industrial corporations and a jointly operated business unit of the Laboratory of Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen University and the Fraunhofer IPT. The corporations commission certain research and development projects from the *aachener werkzeug- und formenbau* that are coordinated by the WZL and the Fraunhofer IPT. The initiative explores all aspects of the tool making value chain and dedicates its attention to technological as well as organizational challenges.

In addition to conducting research projects as part of the consortium, the *aachener initiative* has provided its partner corporations for the past twelve years with a forum for exchanging information and experiences from the tool and die making industry and with easy access to research and development resources of both institutes. It aims to implement





zen sowie Fragen der Betriebsorganisation und strategischen Ausrichtung in den beteiligten Unternehmen zu beantworten. Durch die Einführung neuer Technologien und Verfahren sowie die Straffung bestehender Organisationsstrukturen erzielen die Teilnehmer Zeit- und Kosteneinsparungen.

Auf der Basis ähnlicher Herausforderungen in den Unternehmen formulieren die Projektpartner konkrete Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu unterschiedlichen Themen. Schwerpunkte im vergangenen Geschäftsjahr waren »Innovative Schruppstrategien für die Hartfräsbearbeitung«, die »Automatisiertes Hochglanzpolieren«, die »Optimierung der Planungsintensität in der Auftragsabwicklung« sowie die »Umsetzung von Prozessverbesserungsmaßnahmen durch Veränderungsmanagement«.

Für das Jahr 2010 verabschiedeten die Unternehmen die folgenden Themen:

- Innovative Werkzeugkonzepte für die Schlichtbearbeitung
- Einfluss der Randzonenqualität auf die Standzeit von Formen und Gesenken
- Standardisierung von Prozessfolgen in der Werkzeugfertigung
- Bewertung von Geschäftsprozessen in indirekten Bereichen

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Kfm. Martin Bock  
 Telefon/Phone +49 241 8904-159  
 martin.bock@ipt.fraunhofer.de

new technologies and new product technology solutions and to address issues of structural organization and business strategy. By implementing new technologies and processes and by reshaping existing organizational structures, the partners can achieve time and cost efficiencies.

On the basis of their common interests in research and business strategies, the project partners design customized research and development projects for the individual challenges confronting their businesses. In the past business year alone, the *aachener initiative* addressed issues such as "Innovative roughing strategies for hard machining", "Automated mirror polishing", "Optimizing the planning intensity in order processing" and the "Implementation of process improvement measures through Change Management".

For 2010, the corporations have agreed the following research areas:

- Innovative tool concepts for finishing tasks
- The impact of edge quality on the tool life of molds and dies
- Standardization of process sequences in tool manufacturing
- Assessment of business processes in indirect departments

## HIGHTECH-PRODUKTION FÜR WACHSTUMS- MÄRKTE

### HIGHTECH PRODUCTION FOR EXPANDING MARKETS

Das Land Nordrhein-Westfalen fördert den Aufbau des Aachener Kompetenzzentrums »Hightech-Produktion für Wachstumsmärkte« mit einer Summe von 12,2 Mio. Euro. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT schafft das Fraunhofer IPT mit dem neuen Forschungszentrum über 100 Arbeitsplätze im Bereich der optischen Technologien sowie der Bio- und Medizintechnik. Ziel ist es, Prozesse zur Herstellung anspruchsvoller Hightech-Produkte, etwa für die Beleuchtungs- und Automobiltechnik, die Mikroelektronik oder die medizinische Diagnostik, zu erforschen.

Das Innovationsministerium des Landes NRW wählte das Aachener Kompetenzzentrum als eines von zwölf Projektteams im Wettbewerb »Hightech.NRW« aus, die nun ihre Konzepte gemeinsam mit Partnern aus der Industrie umsetzen können.

In der ersten Phase des Projekts wird zunächst die technische Infrastruktur aufgebaut, um schnell mit den Forschungsarbeiten beginnen zu können. Diese konzentrieren sich strategisch auf technologisch besonders anspruchsvolle Produkte, die sich meist nur mit einzigartigen und schwer zu imitierenden Produktionstechnologien herstellen lassen. Damit schafft das Fraunhofer IPT die Voraussetzungen für den Aufbau ganzheitlicher Prozessketten der Ultrapräzisions- und Mikrotechnik zur Herstellung optischer und biomedizinischer Produkte.

The Land North Rhine-Westphalia is contributing funds of EUR 12.2 million to the extension of the Aachen-based competence center "Hightech Production for Expanding Markets". In close cooperation with the Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT, the Fraunhofer IPT will be creating more than 100 new jobs in the new research center's departments for optical, biomedical and medical technologies. The objective is to explore processes for the production of high-end and high-tech products in areas such as lighting and automotive technologies, micro-electronics and medical diagnostics.

The Ministry for Innovations of the Land North Rhine-Westphalia selected the Aachen-based competence center as one of twelve project teams in its "Hightech.NRW" competition. These teams now have the opportunity of realizing their plans in close cooperation with industrial partner corporations.

The first stage of the project focuses on the provision of the technical infrastructure which is required for the actual research. This research is meant to explore technologically complex high-end products that require specifically developed equipment, thereby defying any attempt to copy and imitate the production technology. The Fraunhofer IPT intends to provide the conditions necessary for the creation of integrated ultra-precision and microtechnology process chains in the optical and biomedical industries.





Besonders optische Komponenten besitzen eine Schlüsselfunktion in vielen Hightechprodukten aktueller Wachstumsmärkte. Die schnelle Nutzung grundlegender opto-physikalischer Effekte auf optischen Funktionsträgern erschließt neue Anwendungen und Produkte mit hoher Marktrelevanz. Eine erfolgreiche Markteinführung gelingt jedoch nur, wenn geeignete Technologien und Technologieketten bereitgestellt werden, die sowohl eine schnelle Muster-/Prototypenherstellung als auch eine wirtschaftliche Serienproduktion erlauben. Kurze Produktlebenszyklen bedürfen aus Sicht der Hightech-Produktion durchgängiger und vor allem leicht konfigurierbarer, integrativer Prozessketten. Die technologischen, infrastrukturellen und methodischen Voraussetzungen werden durch diese Initiative geschaffen und unterstützen so unmittelbar die Produktentwicklungsprozesse innovativer kleiner und mittlerer Unternehmen. Innerhalb der nächsten drei Jahre wird dadurch eine in Europa einzigartige Entwicklungsplattform zur Produktion optischer Hightech-Komponenten geschaffen.

Die Baumaßnahmen, die über die reinen Geräteinvestitionen hinaus zum Aufbau des Kompetenzzentrums erforderlich sind, werden in einer zweiten Initiative bis Ende 2012 umgesetzt.

#### **Kontakt/Contact**

Dr.-Ing. Thomas Bergs  
Telefon/Phone +49 241 8904-105  
thomas.bergs@ipt.fraunhofer.de

Optical components in particular hold key functions in many high-tech products of rapidly expanding markets. The instant use of basic opto-physical effects for the construction of such components opens up the possibility of creating new applications and new products with considerable market potential. A successful market launch, however, requires the provision of appropriate technologies and technological chains that allow a quick conversion of ideas into the production of samples and prototypes and ultimately into a commercially viable, mass-produced article. Short product life cycles mean that high-tech production systems need to develop continuous and, above all, easy-to-configure integrated process chains. This initiative has been designed to provide the technological, infrastructural and methodological conditions for such chains, directly supporting the product development processes of innovative small and medium-sized enterprises. Within the next three years, it will create a development platform for optical high-tech components unrivalled anywhere in Europe.

In addition to investments into machinery and equipment, the establishment of the competence center will also require the physical construction of new labs and offices. These measures will be completed in a second project stage by the end of 2012.

## **FRAUNHOFER-VERBUND PRODUKTION: KOMPETENZ DURCH VERNETZUNG**

### **FRAUNHOFER PRODUCTION ALLIANCE: COMPETENCE THROUGH NETWORKING**

Im Fraunhofer-Verbund Produktion haben sich sieben Fraunhofer-Institute mit dem Ziel zusammengeschlossen, produktionsorientierte Forschung und Entwicklung gemeinsam zu betreiben und den Kunden auch umfangreiche, ganzheitliche Lösungen aus einer Hand anbieten zu können. Die mehr als 2 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erwirtschaften ein Finanzvolumen von insgesamt rund 140 Millionen Euro.

In der Produktion behutsam mit den verfügbaren Ressourcen umzugehen ist angesichts der weltweiten Trends nicht mehr länger nur eine Frage des Umweltschutzes. Ebenso wichtig ist es, gerade in wirtschaftlich turbulenten Zeiten, 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. Ziel ist es, mit gebündelten Kompetenzen und Erfahrungen der einzelnen Institute umfassende, ganzheitliche und praktikable Lösungen für die Herausforderungen der Zukunft zu entwickeln.

Alle sieben produktionstechnischen Institute im Fraunhofer-Verbund Produktion gehen dieser Frage auf den Grund – jedes Institut im Rahmen seiner inhaltlichen Schwerpunkte, alle sieben Institute gemäß der gemeinsamen Leitlinie »Ressourceneffiziente Produktion«.

Zu diesem Thema initiierte der Verbund Produktion am 25. Februar 2009 in Leipzig eine Konferenz. Mehr als 250

The Fraunhofer Production Alliance unites seven Fraunhofer Institutes that have joined forces to conduct production-oriented research and development projects and to provide their customers with comprehensive, integrated one-stop solutions. The Alliance employs more than 2,000 people and generates annual revenue of approx. EUR 140 million.

The development of production technologies that allow a more sustainable use of natural resources has long ceased to be of exclusively environmental relevance. It is of equal importance – particularly in times of economic turbulence – to make sure that your products will have access to the expanding markets of tomorrow, always keeping an eye on production costs. This is why "resource efficiency" is an increasingly urgent demand in business, politics and research. The objective is to focus the competences and experiences of the individual institutes on the development of comprehensive, integrated and practical solutions for tomorrow's challenges.

All seven institutes of the Fraunhofer Production Alliance are approaching this issue from the angle of their own production technology, while meeting the common task of providing concepts for a "resource-efficient production".

"Resource-efficient production" was also the topic of a conference organized by the Alliance on February 25, 2009 at Leipzig. More than 250 participants listened to presentations about the political, economical and scientific dimensions of



Teilnehmer verfolgten ein Vortragsprogramm mit Beiträgen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. In drei Fachforen erörterten renommierte Referenten Fragen der energieeffizienten Prozesse und Anlagen sowie der Energierückgewinnung und -speicherung. In einer abschließenden Podiumsdiskussion konnten die anwesenden Experten neue Netzwerke knüpfen und die entscheidenden Trends und zukünftigen Chancen identifizieren.

Im April 2009 trat der Verbund Produktion auf der Hannover Messe Industrie auf. Leitthema war auch hier die »Ressourcen-effiziente Produktion«. Blickfang war das Modell eines Mantelstrom-Flugzeugtriebwerks dessen Original sich durch eine robuste Auslegung für den Kurzstreckeneinsatz und deutlich geringere Verbrauchskennwerte bei niedrigen Geräusch- und Schadstoffemissionskennwerten auszeichnet. Das Großexponat stand stellvertretend für eine Vielzahl von Herausforderungen der Ressourcenschonung im gesamten Produktlebenszyklus von Investitionsgütern.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Axel Demmer  
Telefon/Phone +49 241 8904-130  
axel.demmer@ipt.fraunhofer.de

the issue. In three specialist forums, renowned experts from various fields discussed different energy-efficient processes and facilities as well as ways to recover and store energy. The conference was concluded by a panel discussion where the experts could extend their networks of contacts and identify both current trends and future opportunities.

In April 2009, the Alliance presented its ideas about resource-efficient means of production at the Hanover Industrial Fair. The centerpiece of the Alliance's stand was the model of a turbofan jet engine with a robust design for short distance flights, significantly lower fuel consumption and low noise emissions as well as low toxic emissions. The exhibit was meant to represent an exemplary answer to one specific challenge – while highlighting the fact that similar challenges of creating resource-efficient processes are still posed by the product life cycles of other investment goods.

## GEMEINSAM ZUR ENERGIE- UND RESSOURCENEFFIZIENZ

### JOINT EFFORTS TO ACHIEVE HIGHER LEVELS OF ENERGY AND RESOURCE EFFICIENCY

Acht Institute der Fraunhofer-Gesellschaft haben sich zum Arbeitskreis »Energieeffiziente Produktion« 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.

Das Fraunhofer IPT analysierte für die Studie »Energieeffizienz in der Produktion« in Zusammenarbeit mit sieben 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).

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

Eight institutes of the Fraunhofer Gesellschaft have joined forces to establish the working group "Energy-efficient production" in order to advise industrial corporations on all issues regarding sustainable and energy-efficient production. The members represent a wide range of industries, enabling the working group to support businesses with advice and practical assistance in their search for more energy-efficient production techniques.

For the study "Energy efficiency in production", the Fraunhofer IPT (in close cooperation with seven other Fraunhofer Institutes and additional research organizations) analyzed the potentials for saving resources and energy in the manufacturing industry, using this study also to identify fields where further research was needed. The study focused mainly on the conservation of energy: In what areas of the production are changes required to achieve higher energy efficiency? The Federal Ministry for Education and Research (BMBF) supported the project as part of the framework concept "Research for Tomorrow's Production" (contract number: 02PU1000).

The study pointed out that industrial manufacturers can reduce their energy consumption by 25 to 30 % in the medium term. The energy saving potential of only those product categories that were analyzed for the study amounted to 210 petajoules per year. This is the equivalent of half the power consumption of all private households in Germany, or the annual energy production of four power stations with an output of 1.4 gigawatt each.





te des Stromverbrauchs der privaten Haushalte in Deutschland oder vier Kraftwerken mit je 1,4 Gigawatt Leistung.

Eine höhere Produktivität, die gerade jetzt zu Zeiten der Finanz- und Wirtschaftskrise eine wichtige Rolle im Ringen um Wettbewerbsfähigkeit einnimmt, lässt sich jedoch nur erreichen, wenn mit den verfügbaren Ressourcen wie Energie, Material und Personal intelligent und effizient umgegangen wird. Die Lücke zwischen notwendiger Produktivitätssteigerung und weiterer Ressourcenverknappung muss durch eine höhere Effizienz geschlossen werden.

Daher haben sich die acht Fraunhofer-Institute, die an der Studie des BMBF beteiligt waren, zum Arbeitskreis »Energieeffiziente Produktion« zusammengeschlossen, um Industrieunternehmen in allen Fragen zur nachhaltigen und energieeffizienten Produktion kompetent zu beraten. 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.

#### **Kontakt/Contact**

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

Dipl.-Ing. Simon Frischemeier M. Eng.  
Telefon/Phone +49 241 8904-416  
simon.frischemeier@ipt.fraunhofer.de

Higher levels of productivity, particularly important to stay competitive in times of financial and economic troubles, can only be reached through an intelligent and efficient use of all available resources: i.e. energy, material and manpower. Any gap between the target levels of productivity and diminishing resources must be bridged by increases in efficiency.

The eight Fraunhofer Institutes that participated in the BMBF study have joined forces to establish the working group "Energy-efficient production": so they can provide comprehensive advice and assistance to industrial corporations in all issues connected with effective and energy-efficient production. The partners of the working group intend to identify the requirements of the businesses and to allocate specific research activities. As a result, customized solutions for "green production" processes will emerge that allow the enterprises to distinguish themselves from their competitors.

## FRAUNHOFER-ALLIANZ GENERATIVE FERTIGUNG

### FRAUNHOFER ADDITIVE MANUFACTURING ALLIANCE

Mit neuer Struktur und hoher Qualität führt die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung die Arbeit der Fraunhofer-Allianz Rapid Prototyping fort. Dabei profitieren die Kunden der Allianz von der langjährigen Erfahrung der inzwischen zehn Mitgliedsinstitute und dem intensiven Wissenstransfer untereinander. Ziel der interdisziplinären Zusammenarbeit ist es, technische und konzeptionelle Lösungen im Umfeld der generativen Fertigungsverfahren zu erarbeiten.

Die Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung bildet die gesamte Prozesskette der generativen Fertigung ab. Dies umfasst die Entwicklung, Anwendung und Umsetzung generativer Fertigungsverfahren und Prozesse. Die Aktivitäten konzentrieren sich auf die Leitthemen Engineering, Werkstoffe, Technologien und Qualität. Dabei trägt die Allianz vielfältige Kompetenzen und eine große Zahl von Entwicklungsideen zusammen und strukturiert sie.

Von der Konzeptidee über den Prototypen bis hin zur Produktfreigabe unterstützt die Allianz ihre Kunden in der Konstruktion und der methodengestützten Produkt- und Prozessentwicklung. Um die erwünschten Eigenschaften zu erzielen, konzentriert sie sich auf die Neuentwicklung, technologiespezifische Werkstoffadaption und -herstellung verschiedener Materialien wie Metalle, Keramiken und Kunststoffe. Dabei bezieht die Allianz alle aktuellen generativen Technologien ein und entwickelt neue Anwendungen. Darüber hinaus bietet sie Sondersysteme und umfassende

The Fraunhofer Additive Manufacturing Alliance is continuing the work of the Fraunhofer Rapid Prototyping Alliance – with a new organizational structure and the same dedication to high quality. The customers of the Alliance benefit from the many years of experience the (by now) ten member institutes have acquired and the lively knowledge exchange that has informed their work. The interdisciplinary joint venture aims to develop technological and conceptual solutions in the wider area of additive manufacturing techniques.

The Fraunhofer Additive Manufacturing Alliance covers the entire process chain of additive manufacturing techniques, comprising their development, application and eventual implementation. The activities of the Alliance are focused on four key topics: engineering, materials, technologies and quality. The Alliance unites and structures a wide range of skills and competences as well as a large number of innovative ideas for new industrial processes.

From the concept of a new process via the prototype to the eventual product: the Alliance supports its customers in the development and the methodologically based implementation of new products and processes. In order to achieve the desired effects, the Alliance concentrates on the development as well as the technology-specific adaptation and production of different materials such as metals, ceramics and plastics while involving all currently known additive technologies and constantly developing new applications. It also provides custom-





Hardware- und Softwarelösungen zu laserbasierten Verfahren für Metalle und Kunststoffe, Drucktechnologien für Keramiken und Photopolymere sowie Prozessketten und Folgeprozesse. Um die Zuverlässigkeit und Qualität der generativ hergestellten Produkte zu erhöhen, entwickelt die Allianz Lösungen für den Produktentstehungsprozess.

Im Dezember 2009 präsentierte sich die Allianz nach einjähriger Unterbrechung wieder mit einem repräsentativen Auftritt auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand der Fachmesse »EuroMold« in Frankfurt/Main. In drei thematischen Exponatinseln stellten die Allianz-Kompetenzteams anwendungsorientierte Arbeitsergebnisse aus: Die Themeninsel »Werkstoffe« behandelte die eingeschränkte Werkstoffvielfalt, deren Entwicklung durch komplexe Prozessanforderungen und technische Schwierigkeiten bei der Pulverherstellung erschwert werden. Auf der Themeninsel »Technologie« wurde mit einer automatisierten Pulverbefüllungsanlage eine absolute Marktneuheit präsentiert, die die Prozessqualität signifikant erhöht. Die Pulverbefüllungsmaschine als geschlossenes System erlaubt eine genaue Definition der Pulvermischverhältnisse sowie eine saubere und sichere Arbeitsumgebung. Auf der dritten Themeninsel »Engineering und Qualität« wurden anhand einer pneumatischen Prüfmaschine generativ gefertigte Osteosyntheseplatten unter oszillierende Belastung gestellt und auf ihre Dauerfestigkeit untersucht. Im Gegensatz zu herkömmlichen elektromagnetischen Prüfmaschinen kann das druckluftgesteuerte Messinstrument höhere Belastungen aufbauen und daher die Güte der Testexponate aussagekräftig beurteilen.

#### **Kontakt/Contact**

Dipl.-Ing. Axel Demmer  
Telefon/Phone +49 241 8904-130  
axel.demmer@ipt.fraunhofer.de

ized systems and comprehensive hardware and software solutions for laser-assisted techniques using metals and plastics, printing technologies for ceramics and photopolymers as well as process chains and follow-up processes. In order to increase the reliability and quality of the products from the additive manufacturing processes, the Alliance also develops solutions for the production process.

In December 2009, the Alliance ended a one-year hiatus by making another representative contribution to the joint Fraunhofer stand at the "EuroMold" fair in Frankfurt/Main. The Alliance's competence teams displayed application-oriented results from three areas of research: the themed display island "Materials" illustrated the issue of the restricted choice of materials, the engineering problems resulting from complex process requirements and the difficulties in developing effective powders. The themed display island "Technology" presented an automatic powder conveying system, an absolute novelty on the market that increases product quality significantly. The closed powder conveying system allows a precise definition of the powder mixing ratios and ensures that the work station remains clean and safe. The themed island "Engineering and Quality" featured a pneumatic test machine that subjected osteosynthesis plates from additive manufacturing processes to vibration stress in order to establish their fatigue strength. The compressed-air-powered measuring instrument can create higher levels of stress than conventional electromagnetic test equipment, allowing a more strenuous test of the products under review.

# **EREIGNISSE, PUBLIKATIONEN, REFERENZEN**

## **EVENTS, PUBLICATIONS, REFERENCES**

**148** Konferenzen und Messen  
Conferences and Fairs

**152** Ehrungen  
Awards

**155** Personen  
People

**156** Veröffentlichungen 2009  
Publications 2009

**164** Dissertationen 2009  
Dissertations 2009

**165** Referenzen  
References

# KONFERENZEN CONFERENCES

18.-19. März 2009

## **Kolloquium »Optik – Schlüsseltechnologie mit Zukunft«**

Bereits zum vierten Mal trafen sich in Aachen rund 120 Experten der optischen Industrie: Eingeladen hatten das Fraunhofer IPT, das Fraunhofer ILT und die Innolite GmbH, das jüngste Spin-off des Fraunhofer IPT. Ziel war es, Einblicke in aktuelle Trends und Innovationen zu gewähren: Die Vorträge gliederten sich in die drei Themenfelder »Märkte und Strategie«, »Produkte und Innovation« sowie »Technologie und Produktion«. Das Rahmenprogramm mit Institutsbesichtigungen und einem gemeinsamen Dinner bot viel Raum für Meinungsaustausch zwischen den Akteuren der Branche.

Ein zentrales Thema bewegte Referenten wie Publikum gleichermaßen: Wie geht es angesichts der weltweiten Wirtschaftskrise weiter mit den optischen Technologien? Wie hier Forschung und Entwicklung den Weg ebnen können, fasste Prof. Fritz Klocke am Ende des ersten Veranstaltungstages zusammen: Auf dem Weltmarkt könne am ehesten derjenige gegen die Konkurrenz aus Niedriglohnländern bestehen, der es schaffe, Präzisionstechnologie für den Massenmarkt zu etablieren. Dazu gelte es aber, die Prozesse der gesamten Fertigungskette zu verstehen und zu beherrschen.

Die später vorgestellten Beispiele zeigten einen breiten Querschnitt durch die gesamte Photonik-Branche: Gleich drei Vorträge beleuchteten das Thema »LED«. Hier gehen die Anforderungen weit über die reine Technologie hinaus, wie etwa das Bedürfnis nach Ästhetik und Design. Welche besonderen Anforderungen optische Systeme an Fertigungstechnologien stellen und wie sie sich bewältigen lassen, stand im Mittelpunkt des zweiten Veranstaltungstages. Wie etwa die Fertigung komplexer Optiken durch Replikation in Glas und Kunststoff erfolgen kann, erläuterten schließlich Bernd Bresseler von der Aixtooling GmbH und Dr.-Ing. Christian Wenzel, Geschäftsführer der Innolite GmbH.

March 18-19, 2009

## **Colloquium "Optics – A Key Technology For The Future"**

For the fourth time, about 120 experts from the optical industry gathered in Aachen to learn more about the latest trends and innovations in their field. The three hosts of the colloquium – Fraunhofer IPT, Fraunhofer ILT and Innolite GmbH, the youngest Fraunhofer IPT spin-off company – had prepared a broad range of presentations under the three sub-headings "Markets and Strategy", "Products and Innovation" and "Technology and Production", visits of various research institutes and a joint dinner as well as plenty of informal opportunities for exchanges of views, opinions and experiences.

One question was on everybody's mind: speakers as well as members of the audience wondered in what way the future of optical technologies would be affected by the global economic crisis. At the end of the first day, Prof. Fritz Klocke showed how research and development could point into the right direction: he made clear that those companies would have the best chance of surviving in the face of competition from low-wage countries that found a way of providing precision technology for the mass market. This required both a deep understanding of and a thorough control over all processes along the production chain.

The colloquium presented a varied cross-section of the photonics industry. Three presentations alone focused on LED technologies where engineers do not only have to be on top of the latest research, but must also grapple with issues of esthetics and design. The presentations of day two concentrated on the production technologies for optical systems of the future, what they would need to deliver and what the companies would have to do to meet their customers' demands. Dr.-Ing. Christian Wenzel, Managing Director of Innolite GmbH, and Bernd Bresseler from Aixtooling GmbH explained how replications in glass and plastics would facilitate the production of fine and complex optical structures.



17.-18. November 2009

## **2. Internationale Konferenz zum Ultrapräzisions- und ELID-Schleifen**

Bereits zum zweiten Mal veranstaltete das Fraunhofer IPT gemeinsam mit dem WZL der RWTH Aachen und dem Riken Materials Fabrication Laboratory aus Japan die Internationale Konferenz zum Ultrapräzisions- und ELID-Schleifen. Namhafte Experten aus Industrie und Forschung stellten während der zweitägigen Konferenz in Aachen eine breite Palette an neuen Perspektiven, Technologien und Anwendungsfeldern für die hochgenauen Schleifverfahren vor.

Ziel der Konferenz war es, den Teilnehmern einen Überblick über die aktuellen Entwicklungen rund um die ultrapräzisen Schleifverfahren zu vermitteln. Die Veranstaltung thematisierte die neuesten industriellen und wissenschaftlichen Erkenntnisse über Prozesse zum Abrichten und zur Fertigungsüberwachung und stellte erfolgreiche Beispiele für ELID-Anwendungen (Electrolytic In-Process Dressing) vor. Zwischen den Vorträgen und während einer Hallenführung an WZL und Fraunhofer IPT und eines gemeinsamen Abendessens bot sich für die Teilnehmer reichlich Gelegenheit zum intensiven Erfahrungsaustausch mit den Referenten und weiteren Gästen der Veranstaltung.

1. Dezember 2009

## **9. Internationales Kolloquium »Werkzeugbau mit Zukunft« und Wettbewerb »Excellence in Production«**

Mit dem 9. Internationalen Kolloquium »Werkzeugbau mit Zukunft« präsentierte der *aachener werkzeug- und formenbau* als gemeinsames Geschäftsfeld des WZL der RWTH Aachen und des Fraunhofer IPT erneut auf kompakte Weise die Branchentrends aus technologischer und organisatorischer Sicht. Erfolgreiche Finalisten des Wettbewerbs »Excellence in Production« berichteten ausführlich über ihre Erfolgsstrategien: Im Mittelpunkt der Vorträge standen in diesem Jahr

November 17-18, 2009

## **2<sup>nd</sup> International Conference on Ultraprecision Machining and ELID Grinding**

For the second time, the Fraunhofer IPT, the WZL of the RWTH Aachen University and the Riken Materials Fabrication Laboratory (Japan) invited leading experts from industry and research to an International Conference on Ultraprecision-Machining and ELID Grinding in Aachen. For two days, a wide range of new perspectives, technologies and applications for ultraprecision machining techniques were presented and discussed.

The conference aimed to provide its participants with an overview of the latest developments in ultraprecision machining. Speakers presented the latest findings from industrial and academic research into dressing and production control processes, demonstrating and explaining successful examples for ELID applications (Electrolytic In-Process Dressing). Between the presentations, in the course of visits to WZL and Fraunhofer IPT workshops and during a joint dinner, the participants had ample opportunity to exchange views and opinions with other guests and the speakers.

December 1, 2009

## **9<sup>th</sup> International Colloquium "Toolmaking For The Future" and the "Excellence in Production" Competition**

The 9<sup>th</sup> International Colloquium "Tool and Die Making for the Future", hosted by the *aachener werkzeug- und formenbau* (a joint business unit of the WZL of the RWTH Aachen University and the Fraunhofer IPT), provided a compact overview of the latest technological and organizational trends in the industry. Successful finalists of the "Excellence in Production" contest gave comprehensive accounts of their strategies: this year's presentations mainly focused on practical solutions of how to overcome the current economic crisis by the – largely – small and medium-sized tool and die manufacturers.





vor allem praktische Lösungen zur Bewältigung der aktuellen Wirtschaftslage für die mittelständisch geprägte Branche des Werkzeug- und Formenbaus.

Die Verleihung der Preise an die Sieger des Wettbewerbs fand ebenso wie bereits das Kolloquium im Kurhaus der Stadt Wiesbaden statt. Die Summerer Technologies GmbH & Co. KG aus Schechen-Rosenheim wurde als Gesamtsieger des Wettbewerbs und damit als »Werkzeugbau des Jahres 2009« ausgezeichnet. Während der feierlichen Abendveranstaltung nahm Andreas Summerer im Namen der gesamten Geschäftsleitung der Summerer Technologies den Pokal entgegen. Überreicht wurde die Auszeichnung vor rund 200 Zuschauern durch den Vorjahressieger Reiner Rohlje, Geschäftsführer der WIRO Präzisions-Werkzeugbau GmbH & Co. KG.

Die Jury zeichnete während der Preisverleihung sowohl den Gesamtsieger als auch die Besten innerhalb verschiedener Kategorien mit Preisen und Urkunden aus. Die Veranstalter und die Jury des Wettbewerbs hatten die insgesamt neun Finalisten anhand eines umfassenden Vergleichs von mehr als 300 Werkzeug- und Formenbau-Betrieben ermittelt. Zehn fachkundige Juroren aus Industrie, Politik und Wissenschaft bestimmten schließlich die Gewinner in drei Kategorien und den Gesamtsieger.

The awards ceremony and, before that, the colloquium were both staged in the Kurhaus of the city of Wiesbaden. Summerer Technologies GmbH & Co. KG from Schechen-Rosenheim received the prize as the overall winner of the competition and can now call itself the "Tool Maker of the Year 2009". During the festive evening gala, Andreas Summerer received the prize on behalf of the entire Summerer Technologies management team. In front of more than 200 guests, the prize was presented by Reiner Rohlje, Managing Director of WIRO Präzisions-Werkzeugbau GmbH & Co. KG who had won the competition the previous year.

The jury also awarded prizes and diplomas to the winners of several sub-categories. Altogether nine finalists had been selected through comprehensive comparisons of more than 300 tool and die makers. Ten jury members, representatives of industrial corporations, research institutions and public bodies, selected the winners of the three categories and the overall winner.



# MESSEN FAIRS

24.-27. Februar 2009

**intec/Z**

Leipzig

24.-26. März 2009

**JEC Composites Show**

Paris/F

20.-24. April 2009

**Hannover Messe 2009**

Hannover

5.-8. Mai 2009

**Control 2009**

Stuttgart

15.-18. Juni 2009

**Laser – World of Photonics 2009**

München

6.-8. Oktober 2009

**Biotechnica**

Hannover

2.-3. Dezember 2009

**Precision Fair**

Veldhoven/NL

2.-5. Dezember 2009

**EuroMold 2009**

Frankfurt/Main

8. Dezember 2009

**bonding-Firmenkontaktmesse**

Aachen

# EHRUNGEN AWARDS

## **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.

## **Professor Walter Eversheim erhält Bundesverdienstkreuz Erster Klasse**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Dr. h. c. mult. Walter Eversheim, ehemaliges Direktoriumsmitglied des Fraunhofer IPT und des WZL der RWTH Aachen, wurde am 13. November 2009 mit dem Verdienstkreuz 1. Klasse des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland ausgezeichnet. Professor Eversheim nahm diese hohe Auszeichnung aus der Hand von NRW-Innovationsminister Professor Andreas Pinkwart während einer Feierstunde im Rektorat der RWTH Aachen entgegen. Gewürdigt wurden damit besonders die Verdienste Eversheims um eine moderne Technologiepolitik und den Strukturwandel in Kooperation von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik.

## **Honorary doctoral degree for Professor Fritz Klocke**

The Aristoteles University of Thessaloniki (Greece) has awarded an Honorary Doctorate to Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Fritz Klocke, the second time he has been honored in this way. Prof. Klocke received the award for his research in the field of production technology, the international joint ventures he initiated and actively managed over many years and his achievements as a teacher and academic supervisor of students and young engineering graduates. Prof. Klocke, Director of the WZL of the RWTH Aachen University and Executive Director of the Fraunhofer IPT, had received his previous honorary doctorate, a "Dr.-Ing. Ehren halber", in 2006 from the Leibniz University of Hanover.

## **Professor Walter Eversheim is awarded the "Federal Cross of Merit"**

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Dr. h. c. mult. Walter Eversheim, a former member of the Board of Directors of the Fraunhofer IPT and the WZL of the RWTH Aachen University, has been awarded the "Order of Merit of the Federal Republic of Germany, First Class" on November 13, 2009. Prof. Eversheim received his honor during a ceremony at the Dean's Office of the RWTH Aachen University from Prof. Andreas Pinkwart, Minister for Innovation in the Federal State Government of North Rhine-Westphalia. The award is a recognition of Prof. Eversheim's contributions to the development of modern technology policies and the structural changes of the cooperation between science, business and politics.

### **Michael Emonts ausgezeichnet für laserunterstütztes Scherschneidverfahren**

Herausragende Schnittflächenqualitäten sowie hohe Effizienz, Präzision und Ressourcenschonung verspricht das laserunterstützte Scherschneiden, ein neues Verfahren zur Blechbearbeitung (siehe Seite 86). Für die Entwicklung wurde Dipl.-Ing. Michael Emonts, Oberingenieur der Abteilung für Faserverbund- und Lasersystemtechnik des Fraunhofer IPT, am 20. April 2009 während der Hannover Messe mit dem 2. Platz des Ferchau Innovationspreises ausgezeichnet.

### **JEC Asia Award 2009 für das Fraunhofer IPT**

2009 erhielten neun Unternehmen und ihre rund 15 Partner den JEC Award im Zuge der JEC-Fachmesse in Singapur. Darunter belegte das Fraunhofer IPT in der Kategorie »Automatisierung« den ersten Platz. Die Abteilung »Faserverbund- und Lasersystemtechnik« entwickelte ein neues Produktionssystem für die automatisierte, laserunterstützte Verarbeitung faserverstärkter thermoplastischer Kunststoffe (siehe Seite 132). Solche Kunststoffe werden dank ihrer Eigenschaften wie hohe Steifigkeit und Festigkeit sowie geringer Dichte unter anderem in der Luftfahrtindustrie eingesetzt. Das Fraunhofer IPT kann mit seinem neuen, energiesparenden Fertigungsverfahren eine höhere Prozessgeschwindigkeit erzielen und konnte damit die Jury des JEC Awards überzeugen. Stellvertretend für das Fraunhofer IPT nahm Dipl.-Ing. Martin Steyer den JEC Award in Singapur entgegen.

### **Science award for Michael Emonts: Laser-assisted shearing of sheet metal**

Excellent cutting surface qualities, high levels of efficiency and precision, a sustainable use of resources – the newly developed technique of shearing metal sheets with the assistance of laser beams appears to hold out much promise (see page 86). For his contributions to the development of this technique, Dipl.-Ing. Michael Emonts, Chief Engineer of the department for Fiber-reinforced Plastics and Laser System Technology at the Fraunhofer IPT, was awarded the 2<sup>nd</sup> prize of the Ferchau Innovation Contest. The ceremony took place on April 20, 2009 at the Hanover Fair.

### **JEC Asia Award 2009 for Fraunhofer IPT**

Nine industrial corporations and their 15 research partners received the JEC Award 2009 at the JEC Trade Fair in Singapore. Among them the Fraunhofer IPT won first prize in the category "Automation". The department for Fiber-reinforced Plastics and Laser System Technology developed a new machine for the automated laser-assisted processing of thermoplastic fiber-reinforced plastics (see page 132). These plastics combine high levels of rigidity and strength with a relatively low density and are much in demand by high-end manufacturers such as the aviation industry. The Fraunhofer IPT managed to impress the jury of the JEC Awards with the development of a new energy-saving manufacturing technique that also increases processing speeds. As a representative for the Fraunhofer IPT Dipl.-Ing. Martin Steyer received the JEC Award in Singapore.

### **Studienpreis der Mühlhoff-Stiftung für Martin Hünten und Andreas Janssen**

Mit dem Studienpreis der Mühlhoff-Stiftung wurden Dipl.-Ing. Martin Hünten und Dipl.-Ing. Andreas Janssen am 11. Dezember 2009 ausgezeichnet. Beide erhielten diese Auszeichnung für ihre Diplomarbeiten.

### **FH Aachen zeichnet Tobias Huwer mit ihrer Ehrenplakette aus**

Als einer von 69 herausragenden Absolventen der FH Aachen hat Dipl.-Ing. (FH) Tobias Huwer am 27. November 2009 im Krönungssaal des Aachener Rathauses die Ehrenplakette der Hochschule entgegengenommen. Die FH Aachen hat ihm die Auszeichnung in Anerkennung seiner hervorragenden Leistungen im Fachbereich Energietechnik verliehen.

### **Dörrenberg StudienAward für Robert Füllmann**

Robert Füllmann, Studentische Hilfskraft am Fraunhofer IPT, nahm im Februar den Dörrenberg StudienAward 2009 für seine Bachelorarbeit zum Thema »Untersuchung von Schichtsystemen zur Standzeitverlängerung von Warmarbeitswerkzeugen – Verfahrenskombination Laserlegieren und Nitrieren« entgegen.

### **Students awards of the Mühlhoff Foundation for Martin Hünten and Andreas Janssen**

On December 11, 2009, Dipl.-Ing. Martin Hünten and Dipl.-Ing. Andreas Janssen were honored by the Mühlhoff Foundation for their excellent academic performances. Both received the Foundation's Awards for their graduation theses.

### **FH Aachen awards its Medal of Honor to Tobias Huwer**

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Huwer was one of 69 honour graduates of the FH Aachen who were awarded the University's Medal of Honor in a ceremony on November 27, 2009 in the Coronation Chamber of Aachen's City Hall. Tobias Huwer received the Medal in recognition of his outstanding performances in the field of energy technology.

### **Dörrenberg Students Award for Robert Füllmann**

In February, Robert Füllmann, Student Research Assistant at the Fraunhofer IPT, received the Dörrenberg Students Award 2009 for his Bachelor's thesis on "The Analysis of Coating Systems as an Instrument for Extending the Service Life of Hot Working Tools – Combining the Techniques of Laser Alloying and Nitridation".

# PERSONEN

## PEOPLE

### 70. Geburtstag von Professor Tilo Pfeifer

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Prof. h.c. Tilo Pfeifer, der erste Inhaber eines Lehrstuhls für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement in Deutschland, wurde am 5. August 2009 70 Jahre alt. Seit 1980 war er Mitglied des Direktoriums des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT, wo er die Abteilung »Mess- und Qualitätstechnik« leitete.

Mehr als 500 Vorträge des Aachener Wissenschaftlers fanden interessierte Zuhörer auf Kongressen in aller Welt, über 1 000 wissenschaftliche Veröffentlichungen in Fachzeitschriften der Fertigungsmesstechnik, der Lasermesstechnik, des Qualitätsmanagements und der Fertigungsautomatisierung weisen ihn als anerkannten Experten seines Lehr- und Forschungsgebietes aus. Fraunhofer IPT und das WZL der RWTH Aachen ehrten ihren langjährigen Chef anlässlich des runden Geburtstags mit einem Fachkolloquium, an dem rund 400 Kollegen, ehemalige Weggefährten, Mitarbeiter sowie zahlreiche Kooperationspartner aus Wissenschaft und Industrie teilnahmen.

### Trauer um Gunnar Schauerte

Die Mitarbeiter des Fraunhofer IPT trauern um ihren Kollegen Gunnar Schauerte, der am 7. Oktober 2009 plötzlich und völlig unerwartet im Alter von 32 Jahren verstorben ist. Gunnar Schauerte war seit knapp fünf Jahren in der Abteilung Produktionsmaschinen als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig und stand kurz vor dem Abschluss seiner Promotion.

### Professor Tilo Pfeifer celebrates his 70<sup>th</sup> birthday

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Prof. h.c. Tilo Pfeifer, the first ever tenured professor for production measurement technology and quality management at a German university, celebrated his 70<sup>th</sup> birthday on August 5, 2009. In 1980, he had joined the Board of Directors of the Fraunhofer IPT where he also, for many years, headed the department for "Metrology and Quality Management".

During a long and distinguished career, the Aachen-based scientist gave more than 500 presentations on congresses all over the world and published more than 1,000 papers about production metrology, laser metrology, quality management and production automation in academic and scientific journals, acquiring the reputation of a globally respected expert in his field. On the occasion of his 70<sup>th</sup> anniversary, the Fraunhofer IPT and the WZL of the RWTH Aachen University honored their former director by hosting a scientific colloquium which was attended by roughly 400 colleagues and former colleagues, employees and cooperation partners from academic and industrial research.

### In Memoriam: Gunnar Schauerte

Staff members of the Fraunhofer IPT reacted with shock and sadness to the news that their colleague Gunnar Schauerte had suddenly and unexpectedly died on October 7, 2009, aged 32. Gunnar Schauerte had worked for five years as a Graduate Research Assistant in the department for Production Machines and was in the final stages of completing his doctoral degree.

# VERÖFFENTLICHUNGEN 2009

## PUBLICATIONS 2009

Becker, J.; Beverungen, D.; Knackstedt, R.; Glauner, C.; Stypmann, M.; Rosenkranz, C.; Schmitt, R.; Hatfield, S.; Schmitz, G.; Eberhardt, S.; Dietz, M.; Thomas, O.; Walter, P.; Lönngren, H.; Leimeister, J.: Ordnungsrahmen für die hybride Wertschöpfung. In: Thomas, O.; Nüttgens, M. (Hrsg.): Dienstleistungsmodellierung: Methoden, Werkzeuge und Branchenlösungen. 1. Aufl. Berlin: Physica-Verlag, 2009, S. 109-128

Brecher, C.; Baum, C.; Rinko, K.; Schauerte, G.: Production of gratings by means of step and repeat hot embossing. In: Saile, V.; Ehmann, K.; Dimov, S. (Hrsg.): Proceedings of the Global Conference on Micro Manufacturing, 23-25 September 2009. Wakefield, Großbritannien: Charlesworth Group Wakefield, 2009, S. 363-366

Brecher, C.; Baum, C.; Schauerte, G.: Mehrschrittiges Mikroheißprägen. Mikrostrukturierung optischer Komponenten mittels adaptiver Prägetechnologie. In: wt Werkstattstechnik online. 99. Jg., 2009, Nr. 5, S. 304-308

Brecher, C.; Baum, C.; Schauerte, G.: Production of Optical Components by Means of Step and Repeat Hot Embossing. In: Tagungsband der Veranstaltung: »EOS-Conference Manufacturing of Optical Components«, München, June 15-17, 2009.

Brecher, C.; Baum, C.; Tücks, R.; Pretzsch, F.; Schauerte, G.: Micro Structuring of Large Surfaces by Means of Step and Repeat Hot Embossing. In: Brussel, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): Proceedings of the Euspen 9<sup>th</sup> International Conference & 11<sup>th</sup> Annual General Meeting. Vol. 2. Wien, Österreich: Copy und Druck, 2009, S. 38-41

Brecher, C.; Breitbach, T.; Do-Khac, D.; Herfs, W.; Karlberger, A.; Klein, W.; Heinen, D.; Rosen, C.: Hybride Fertigung für Hochlohnländer. Prozessketten hochveredelter Produkte verkürzen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104. Jg., 2009, Nr. 9, S. 739-744

Brecher, C.; Dubratz, M.; Steyer, M.; Schütte, A.; Emonts, M.; Wenzel, C.: Laser-assisted thermoplastic tape-laying systems. In: JEC Magazine Composites. 2009, Nr. 47, S. 39-41

Brecher, C.; Emonts, M.: Laserunterstütztes Scherschneiden. Glatt geschnitten, ganz normal. in: Blech InForm. 2009, Nr. 3, S. 30-33

Brecher, C.; Emonts, M.: Laserunterstütztes Scherschneiden hochfester Blechwerkstoffe. Laserunterstütztes Verfahren steigert Glattschnittanteile und verringert Schneidkräfte sowie Schnittschlag. In: wt Werkstattstechnik online. 99. Jg., 2009, Nr. 10, S. 699-706

Brecher, C.; Niehaus, F.; Merz, M.; Wenzel, C.: Diamantzerspanung mit mehr Dynamik. In: Mikroproduktion. 7. Jg., 2009, Nr. 5, S. 21-26

Brecher, C.; Niehaus, F.; Merz, M.; Zavelberg, M.; Richterich, C.; Stautner, M.; Rinko, K.; Schalle, E.; Schmidt, K.; Ventura-Traveset, A.: Machine and Process Development for the Robust Machining of Microstructures on Free-Form Surfaces for Hybrid Optics. Final report of the BMBF collaboration project »ERANET-OPTICALSTRUCT«. Aachen: Apprimus, 2009

Brecher, C.; Rosen, C.; Bausch, S.; Wenzel, C.: Fräsen von Hochleistungskeramik. Hybride Prozess- und Systemtechnologie für eine effiziente spanende Bearbeitung. In: wt Werkstattstechnik online. 104. Jg., 2009, Nr. 3 (Elektronische Ausgabe), S. 177-185

Brecher, C.; Rosen, C.; Beegen, L.; Wenzel, C.: Systemtechnik zum Fräsen hochfester Werkstoffe. Hybride Spindel-Werkzeugtechnologie für die laserunterstützte Zerspanung. In: wt Werkstattstechnik online. 99. Jg., 2009, Nr. 10, S. 793-800

Brecher, C.; Schmitt, R.; Buß, C.; Kolb, P.; Wenzel, C.; Köllmann, D.: Metrology Data Feedback for Shrinkage Compensa-



ted Polymer Lenses. In: Brussel, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): 9<sup>th</sup> International Conference of the European Society for Precision Engineering & Nanotechnology - June 2-5, 2009, San Sebastian, Spain. Vol. II. Bedfordshire, Großbritannien: Eigendruck Euspen Cranfield, 2009, S. 443-446

Brecher, C.; Utsch, P.; Sobotka, A.; Wenzel, C.: iTool process and design considerations for innovative diamond tool machining. In: Brussel, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): Proceedings of the Euspen 9<sup>th</sup> International Conference & 11<sup>th</sup> Annual General Meeting. Vol. 1. Bedford, Großbritannien: Euspen 2009, S. 212-215

Brecher, C.; Utsch, P.; Wenzel, C.: 5-Achs-Kompaktschleifmaschine »MiniGrind«. Hochpräzise 5-Achs-Bearbeitung für den Mikroformenbau. In: wt Werkstattstechnik online. 99. Jg., 2009, Nr. 11/12, S. 802-807

Brecher, C.; Utsch, P.; Wenzel, C.: Five-Axes Accuracy Enhancement by Compact and Integral Design. In: CIRP Annals – Manufacturing Technology. 1. Jg., 2009, Nr. 1, S. 355-358

Brecher, C.; Utsch, P.; Wenzel, C.: Integral Design Axis for the Accuracy Enhancement of Ultraprecision Machine Tools. In: Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on Laser Metrology, Machine Tool, CMM & Robotic Performance, Lamdamap 2009. Bedford, Großbritannien: Euspen, 2009, S. 224-233

Brecher, C.; Utsch, P.; Wenzel, C.: Ultraprecise 5-Axis Machining by Compact, Integral Design. In: Proceedings of the Euspen International Conference, June 2009, San Sebastian, Spain. Bedford, Großbritannien: Euspen, 2009

Brecher, C.; Weinzierl, M.; Niehaus, F.; Schmitt, R.; Köllmann, D.: Microscale Mass Production. European researchers develop automated system for mass producing optical devices. In: Micro Manufacturing. 2. Jg., 2009, Nr. 1, S. 44-47

Brecher, C.; Wenzel, C.; Hannig, S.; Schug, R.; Weber, A.: Methode zur systematischen Auslegung von Werkzeugen für das ultraschallunterstützte Schleifen. In: Brecher, C.; Krüger, J.; Uhlmann, E. (Hrsg.): Effiziente Methodiken und durchgängige Werkzeuge zur Modellerstellung digitaler Produktionseinrichtungen. (Reihe: Fertigungstechnik, Bd. 671). 1. Aufl. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2009, S. 71-79

Brecher, C.; Wenzel, C.; Stimpfl, J.; Emonts, M.: Development of a high precision self-adjusting laser mirror module. In: Brussel, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): Proceedings of the Euspen 9<sup>th</sup> International Conference & 11<sup>th</sup> Annual General Meeting. Vol. 1. Bedford, Großbritannien: Euspen, 2009, S. 353-356

Brecher, C.; Wenzel, C.; Klar, R.: Characterization and optimization of the dynamic tool path of a highly dynamic micromilling machine. In: CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology. 1. Jg., 2009, Nr. 1/2, S. 86-91

Castell-Codesal, A.: Laser-Rohreinschweißen bei Rohrbündel-Apparaten. In: Oehmigen, H. (Hrsg.): Produktionstechnik bei der Wärmeübertragerfertigung. Essen: PP PUBLICO Publications, 2009, S. 132-169

Depiereux, F.; König, N.; Lehmann, P.; Pfeifer, T.; Schmitt, R.: Highly Accurate Distance Measurements With a Fiber-Optical Interferometer. In: Kanoun, O. (Hrsg.): Issues on Sensors, Circuits & Instrumentation. IEEE Transactions on Systems, Signals and Devices. 4. Jg., 1. Aufl. Aachen: Shaker Verlag, 2009, S. 435-444

Dubratz, M.; Brecher, C.: Laser-Assisted Tapelaying of Thermoplastic Prepregs. In: Tagungsband der Veranstaltung »JEC Composites Show«. Paris, 25. März 2009.

Eder, K.; Schütte, A.; Pyschny, N.: Neue Instrumente für die minimal-invasive Medizin. In: Inno – Innovative Technik. 2009, Nr. 44, S. 5

Emonts, M.: Konkurrenz zum Feinschneiden. In: Blech InForm. 7. Jg., 2009, Nr. 1, S. 16

Emonts, M.; Brecher, C.: Laser-assisted shearing: new process developments for the sheet metal industry. Maximization of clear-cut surface rates by local laser-induced softening of the sheet material. In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2009, S. 1-9

Gläser, T.; Klocke, F.: Rapid Manufacturing of Hybrid Tools Made of Tool Steel and Tungsten Carbide-Cobalt. In: Tagungsband der Veranstaltung »Tool 09«. Aachen, 2.- 4. Juni 2009

Gläser, T.; Klocke, F.: Rapid Manufacturing of Tungsten Carbide-Cobalt Dies. In: Tagungsband der Veranstaltung »17 PLANSEE SEMINAR 2009«. Reutte, Österreich, 25. - 29. Mai 2009.

Harksen, S.; Gläser, T.; Bleck, W.; Klocke, F.: Evaluation of Thermal Shock and Mechanical Wear on Duplex Treated Hot Working Tool Steel. In: Tagungsband der Veranstaltung »Tool09«. Aachen, 2.-4. Juni 2009

Hatfield, S.; Schmitt, R.: Nachhaltigkeit durch industrielle Services. In: Maschinenbau Schweizer Industrie-Magazin. 38 Jg., 2009, Jahreshauptausgabe, S. 90-95

Hatfield, S.; Schmitt, R.: Strategy Assessment and Decision based Implications for Integrated Product-Service-Suppliers. In: Roy, R.; Shehab, E. (Hrsg.): Industrial Product-Service Systems (IPS<sup>2</sup>), Proceedings of the 1<sup>st</sup> CIRP IPS<sup>2</sup> Conference. Cranfield, Großbritannien: Cranfield University, 2009, S. 140-144

Klocke, F.; Arntz, K.; Mescheder, H.; Winands, K.: Reproduzierbare Designoberflächen im Werkzeugbau. Laserstrahlstrukturieren als alternatives Fertigungsverfahren

zur Oberflächenbehandlung. In: wt Werkstattstechnik online. 99. Jg., 2009, Nr. 11/12, S. 844-850

Klocke, F.; Bulla, B.: Ultraschallunterstützte Zerspanung gehärteter Stähle und sprödharter Werkstoffe mit Diamantwerkzeugen. In: Tagungsband der Veranstaltung »Innovative Technologien für die Bearbeitung metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe«. Dresden, 25. September 2009.

Klocke, F.; Dambon, O.; Bulla, B.: Key for Success – Integrative Optics Manufacturing. In: Tagungsband der Veranstaltung »Optikkolloquium 2009«. Aachen, 18.-19. März 2009.

Klocke, F.; Dambon, O.; Bulla, B.: Process Chain for Modern Optics Manufacturing. In: Tagungsband der Veranstaltung »Intercut 2009«. Cluses, Frankreich, 21. Oktober 2009.

Klocke, F.; Dambon, O.; Bulla, B.; Heselhaus, M.: Critical Parameters in Ultrasonic Assisted Diamond Turning of Hardened Steel Alloys. In: Tagungsband der Veranstaltung »Euspen International Conference 2009«. San Sebastian, Spanien, 2.-5. Juni 2009.

Klocke, F.; Dambon, O.; Bulla, B.; Heselhaus, M.: Ultrasonic Assisted Diamond Turning of Hardened Steel for Optical Mould Manufacturing. In: Tagungsband der Veranstaltung »EOS Conference at the World of Photonics 2009«. München, 15.-17. Juni 2009.

Klocke, F.; Dambon, O.; Herben, M.; Wilbert, A.: Rotations Schleifen von Saphirwafern. Ein innovativer Ansatz zur Prozesskettenoptimierung. In: wt Werkstattstechnik online, 2009, Nr. 6, S. 396-402

Klocke, F.; Dambon, O.; Hollstegge, D.; Hüntten, M.; Wang, F.: Process influence on shrinkage in precision glass moulding. In: Brussel, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): Pro-

ceedings of the 9th International Conference of The European Society for Precision Engineering and Nanotechnology. Vol. 2, 1. Aufl. Bedford, Großbritannien: 2009, S. 495-498

Klocke, F.; Dambon, O.; Hünten, M.: Integrative Fertigung von Mikrooptiken. Entwicklung einer Prozesskette zur Replikation von ultrapräzisen Mikrooptiken aus Glas. In: wt Werkstattstechnik online. 99. Jg., 2009, Nr. 6, S. 421-425

Klocke, F.; Dambon, O.; Hünten, M.; Bresseler, B.: Subsurface Damage Analysis of Ultra-precise Ground Tungsten Carbide. In: van Brussel, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): Proceedings of the 9<sup>th</sup> international conference of the european society for precision engineering and nanotechnology. Vol. 1. Bedford, Großbritannien: 2009, S. 150-153

Klocke, F.; Dambon, O.; Schneider, U.; Zunke, R.; Wächter, D.: Computer-based monitoring of the polishing processes using LabView. In: Journal of Materials Processing Technology. 209. Jg., 2009, Nr. 20, S. 6039-6047

Klocke, F.; Zunke, R.: Removal mechanisms in polishing of silicon based advanced ceramics. In: CIRP Annals – Manufacturing Technology. 58. Jg., 2009, Nr. 1, S. 491-494

König, N.; Zheng, H.; Freudenberg, R.; Schmitt, R.: Consistent measuring process chain – from design to quality inspection. Tagungsband der Veranstaltung: »Sino-German Advanced Manufacturing Technology Symposium«. Shenyang, China, 15. September 2009.

Kozielski, S.; Bock, M.; Gellißen, B.: Benchmarking. Von erfolgreichen Unternehmen lernen. In: VDWF im Dialog. 2009, Nr. 3, S. 12-14

Kuhlmann, K.; Arntz, K.: Aufbruch zu neuen Dimensionen. In: Fertigung. 37. Jg., 2009, Nr. 5, S. 30-31

Moll, T.; Schuh, G.: Organisationsformen für effizientes Technologiemanagement. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. (Reihe: HNI-Verlagsschriftenreihe). Paderborn: HNI-Verlag, 2009, Nr. 265, S. 73-96

Müller, R.; Brecher, C.; Esser, M.; Pyschny, N.; Janßen, C.: Flexibel automatisierte Montagesysteme. In: Tagungsband der Veranstaltung »VDI Mechatronik«. Wiesloch, 12. Mai 09.

Nollau, S.: Production4µ ist auf dem Weg. In: Laser+Photonik. 8. Jg., 2009, Nr. 4, S. 14

Nollau, S.: Aufgestellt für das µ-Jahrhundert. In: Laser+Photonik. 8. Jg., 2009, Nr. 3, S. 12

Orliski, S.; Schuh, G.; Wellensiek, M.: Development of a reference model for a dynamic, data-based technology roadmapping. In: Huizingh, E.; Conn, S.; Torkkeli, M.; Bitran, I. (Hrsg.): Proceedings of the XX ISPIIM Conference. Wien, Österreich, 21.-24. Juni 2009. Eigendruck ISPIIM, 2009, S. o. A. S., CD-ROM

Panarase, D.; Meo, F.; Surico, M.; Brecher, C.; Niehaus, F.: Control of Advanced Tool Alignment System in an Ultra Precision Lathe. In: Tagungsband der Veranstaltung »2<sup>nd</sup> International Researchers Symposium 2009 on Innovative Production Machines and Systems«. Ischia, Italy, 22-24 Juli 2009.

Rahlves, M.; Seewig, J.; Koerfer, F.; Köllmann, D.; Beichert, G.; Berger, R.; Gillhaus, R.; Kästner, M.; Lyda, W.; Püschmann, D.: Optisches Messen technischer Oberflächen - Messprinzipien und Begriffe. In: Beuth Pocket, 1. Aufl. Wien, Österreich: Beuth Verlag, 2009

Rauchenberger, J.; Schmitt, R.; Stetter, D.; Spiegelberger, B.: Application of a Maturity Model as Framework for Process Improvement. In: Majstorovic, V. (Hrsg.): 5<sup>th</sup> International Working Conference »Total Quality Management - Advanced

and Intelligent Approaches». Belgrade, Serbien: Eigendruck Mechanical Engineering Faculty, Laboratory for Production Metrology and TQM, 2009, S. 219-223

Schmitt, R.; Brecher, C.; Köllmann, D.; Buß, C.: Segmentation and selective alignment of measurement data for optical surfaces. In: EOS Conferences at the World of Photonics Congress: 2009 Proceedings. CD-ROM : June 15-16, 2009, Munich. Conference on Frontiers in Electronic Imaging. Hannover: EOS, 2009 , S. o. A. S.

Schmitt, R.; Hatfield, S.: Strategy Assessment and Decision based Implications for Integrated Product-Service-Providers. In: Rajkumar, R.; Essam, S. (Hrsg.): Proceedings of the 1<sup>st</sup> CIRP IPS<sup>2</sup> Conference. Cranfield, Großbritannien: Cranfield University Press, 2009, S. 140-144

Schmitt, R.; Hatfield, S.: Unternehmen flexibel machen. Eine Systematik zum Umgang mit Veränderungen. In: Henning, K.; Michulitz, C. (Hrsg.): Unternehmenskybernetik 2020. (Reihe: Wirtschaftskybernetik und Systemanalyse, Bd. 25). Berlin: Duncker & Humboldt, 2009, S. 207-211

Schmitt, R.; Hatfield, S.; Zentis, T.: Nachhaltigkeit durch industrielle Services. In: Theuvsen, L.; Deimel, M. (Hrsg.): Qualitätsmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken. (Reihe: Berichte zum Qualitätsmanagement, Bd. GQW-Jahrestagung 2009). Aachen: Shaker Verlag, 2009, S. 5-19

Schmitt, R.; Jakobs, I.; Vielhaber, K.: Wavefront sensor design based on a micro-mirror array for a high dynamic range measurement at a high lateral resolution. In: Osten, W.; Kuja-winska, M. (Hrsg.): Fringe 2009: 6<sup>th</sup> International Workshop on Advanced Optical Metrology. Berlin: Springer-Verlag, 2009, S. 628 - 633

Schmitt, R.; Koerfer, F.: Messtechnik für reflektierende und transparente Oberflächen. Tagungsband der Veranstaltung:

»Fraunhofer Allianz Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«. Erlangen, 3.-4. Dezember 2009.

Schmitt, R.; Koerfer, F.: Systematische Messmittelauswahl. Tagungsband der Veranstaltung: Industriearbeitskreis »Inline-Messtechnik in der Optikproduktion«. Stuttgart, 3. November 2009.

Schmitt, R.; Koerfer, F.; Seewig, J.; Osten, W.; Weckenmann, A.: Assistance system for optical sensors. In: Bosse, H.; Bodermann, B.; Silver, R. (Hrsg.): Modeling Aspects in Optical Metrology II. (Reihe: Proceedings of SPIE, Bd. 7390). Bellingham, USA: SPIE, 2009, S. 73900C-1 - 73900C-8

Schmitt, R.; König, N.; Araújo, E.: Surface profile analysis using a fiber-optic low-coherence interferometer. In: Lehmann, P. (Hrsg.): Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VI. (Reihe: Proceedings of SPIE, Bd. 7389). 1. Aufl. Bellingham, USA: SPIE, 2009, S. 738914-1 - 738914-8

Schmitt, R.; König, N.; Depiereux, F.: Faseroptische Rundheitsmessung von Bohrlöchern mit kleinem Durchmesser. Roundness Measurements of Boreholes with Small Diameters Using a Fiber-optic Sensor. In: TM – Technisches Messen. 75. Jg., 2009, Nr. 12, S. 641-646

Schmitt, R.; König, N.; Mallmann, G.; Depiereux, F.: Measurement of roundness and run-out with distributed fiber-optics sensors. In: Girão, P.; Ramos, P. (Hrsg.): Proceedings to the XIX IMEKO World Congress - XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology. 11. September 2009, Lissabon. Lissabon, Portugal: Instituto Superior Técnico/ Instituto de Telecomunicações, 2009, S. 69-73

Schmitt, R.; Mallmann, G.: Hochpräzise und beruhungslos: Rundlauf- und Rundheitsmessung mit Vielstellensorik. In: Inspect, 2009, Nr. 5, S. 64-65

Schmitt, R.; Mallmann, G.: Maschinenüberwachung mit hochgenauen faseroptischen Abstandssensoren. In: *Maschinen Markt*. 105. Jg., 2009, Nr. 17, S. 48-51

Schmitt, R.; Mallmann, G.; Depiereux, F.; Hamm, W.: Fiber optic interferometer for distance measurements. Investigation of linearity. In: *tm - Technisches Messen*. 76. Jg., 2009, Nr. 7-8, S. 374-377

Schmitt, R.; Ottong, A.; Münstermann, T.: Wandel mit Kultur. Erfolgreiche Change-Projekte durch Kulturkompetenz. In: *Qualität und Zuverlässigkeit*. 54. Jg., 2009, Nr. 10, S. 20-23

Schmitt, R.; Rauchenberger, J.; Stetter, R.; Spiegelberger, B.: Professionalisierung des mechatronischen Entwicklungsprozesses durch Anwendung eines Reifegradmodells. In: *Industrie Management*. 25. Jg., 2009, Nr. 3, S. 53-56

Schmitt, R.; Schumacher, S.; Scharrenberg, C.: Systematische und kulturgerechte Markterschließung am Beispiel China. In: Borchert, M.; Heinen, E.; Zühlke-Robinet, K. (Hrsg.): *Systematische Gestaltung von Leistungen und Prozessen in KMU – Voraussetzung für erfolgreiche Internationalisierung von Dienstleistungen*. Ingolstadt: Verlag Dr. Jochem Heizmann, 2009, S. 163-196

Schmitt, R.; Schumacher, S.; Scharrenberg, C.: The Chinese Service Industry as a Challenge for European SME. A Systematic Approach for Market Entry. In: Rajkumar, R.; Shehab, E. (Hrsg.): *Industrial Production-Service Systems (IPS<sup>2</sup>)*. Proceedings of the 1<sup>st</sup> CIRP IPS<sup>2</sup> Conference. Cranfield, 1.-2. April 2009. Cranfield, Großbritannien: University Press, 2009, S. 331-335

Schmitt, R.; Schumacher, S.; Scharrenberg, C.; Voigt, T.: Successful development of the Asian service industry exemplified by a medium-sized fulfillment company. In: Fähnrich, K.; Alt, R.; Franczyk, B. (Hrsg.): *Practitioner Track – International*

*Symposium on Service Science – ISSS' 2009*. (Reihe: Leipziger Beiträge zur Informatik, Bd. XVI). Leipzig: Eigendruck Universität Leipzig, 2009, S. 163-168

Schmitt, R.; Uekita, M.; Vielhaber, K.: Focus sensor with integrated high-range slope measurement. In: *Measurement Science and Technology*, 2009, Nr. 20, S. 1-5

Schmitt, R.; Vielhaber, K.; Erichsen, I.; Amstel, W.; Krey, S.; Lengwenus, A.: Machine integration of a deflectometric sensor for flexible asphere measurement and adaptive Manufacturing. In: Brussels, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): *Proceedings of the 9th Euspen, International Conference of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology*. Bedford, Großbritannien: Cranfield University, 2009, S. 439-442

Schmitt, R.; Vielhaber, K.; Erichsen, I.; Lengwenus, W.: Machine Integration of a Deflectometric Sensor for Flexible Asphere Measurement and Adaptive Manufacturing. In: Brussel, H.; Brinksmeier, E.; Spaan, H.; Burke, T. (Hrsg.): *Euspen 11<sup>th</sup> Anniversary International Conference Vol. 2*. (Reihe: Proceedings of the euspen International Conference, Bd. 11). Wien, Österreich: Copy & Druck, 2009, S. 439V2-442V2

Schmitt, R.; Wagels, C.; Isermann, M.: Production Optimization by Cognitive Technologies. In: *Journal of Machine Engineering*. 9. Jg., 2009, Nr. 1, S. 78-90

Schmitt, R.; Zheng, H.; König, N.: Durchgängige Messprozesskette. Open Quality Data Connection (OQDC). In: *Quality Engineering*. 28. Jg., 2009, Nr. 3, S. 22-23

Schmitt, R.; Zheng, H.; Zhao, X.; König, N.; Coelho, R.: Application of Ant Colony Optimization to Inspection Planning. In: *2009 IEEE International Conference on Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSAS 2009) Proceedings*. 1. Aufl. Piscataway, USA: 2009, S. 71-75

Schuh, G.; Elsenbach, J.; Klappert, S.; Drescher, T.: Innovationen mit klaren Prozessen systematisch beurteilen. In: io new management. 78. Jg., 2009, Nr. 6, S. 66-70

Schuh, G.; Gehrmann, A.; Klappert, S.: Sorgfaltspflicht für Technologien. In: io new management, 2009, Nr. 3

Schuh, G.; Haag, C.: The product piracy conflict matrix – central element of an integrated, TRIZ-based approach to technology-based know-how protection. In: Roy, R.; Shehab, E. (Hrsg.): Proceedings of the 19<sup>th</sup> CIRP Design Conference. Competitive Design. Cranfield, Großbritannien: University Press, 2009, S. 258-262

Schuh, G.; Haag, C.: The Product Piracy Conflict Matrix. Tagungsband der Veranstaltung: »CIRP Design Conference 2009«. Cranfield, Großbritannien, 30. März 2009.

Schuh, G.; Klappert, S.; Hoppe, M.; Hacker, P.: Lieferantenbaisevolution. Drei Stellhebel zur effizienten Gestaltung einer Selbstauskunft. In: Beschaffung Aktuell. 56. Jg., 2009, Nr. 11, S. 26-27

Schuh, G.; Klappert, S.; Nollau, S.: Design-Regeln für das Präzisionsblankpressen von hochpräzisen Optiken. In: Laser+Photonik. 8. Jg., 2009, Nr. 5, S. 12-13

Schuh, G.; Klappert, S.; Saxler, J.; Schubert, J.: Matchentscheidend im Technologiemanagement ist das Teilen von Wissen. In: io new management. 78. Jg., 2009, Nr. 3, S. 56-59

Schuh, G.; Klappert, S.; Saxler, J.; Schubert, J.: Zehn Erfolgsfaktoren bestimmen das Technologiemanagement. In: io new management. 78. Jg., 2009, Nr. 1-2, S. 52-56

Schuh, G.; Kreysa, J.; Haag, C.: Produktpiraterie abwehren mit der PPC-Matrix. In: Barske, H.; Gerybadze, A.; Hünninghausen,

L.; Sommerlatte, T. (Hrsg.): Digitale Fachbibliothek Innovationsmanagement. 1. Aufl. Düsseldorf: Symposion Publishing, 2009, S. 1-20

Schuh, G.; Kreysa, J.; Orilski, S.: Roadmap »Hybride Produktion«. Wie 1+1=3-Effekte in der Produktion maximiert werden können. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104. Jg., 2009, Nr. 5, S. 385-391

Schuh, G.; Kreysa, J.; Haag, C.: Product Piracy Conflict Matrix. Creating Solutions to Prevent Product Piracy. In: Creativity and Innovation Management. 18. Jg., 2009, Nr. 2, S. 63-70

Schuh, G.; Moll, T.; Klappert, S.: Organisationsformen für effizientes Technologiemanagement. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. (Reihe: HNI-Verlagschriftenreihe, Bd. 265). Paderborn: HNI, 2009, S. 73-96

Schuh, G.; Nollau, S.: Statement Logistikkosten. Die Logistikkosten-Falle beim Global Sourcing. In: Technik + Einkauf. 5. Jg., 2009, Nr. 4, S. 15

Schuh, G.; Orilski, S.; Schmelter, K.; Klappert, S.: Technologie-Roadmapping: Erfolgreiche Umsetzung in der industriellen Praxis. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 104. Jg., 2009, Nr. 4, S. 291-299

Schuh, G.; Post, P.; Gomeringer, A.; Saxler, J.: Effizientes Technologiemanagement dank durchgängiger Prozesse. In: io new management. 78. Jg., 2009, Nr. 5, S. 46-49

Schuh, G.; Schubert, J.; Herrmann, S.: Wissensmanagement als strategische Aufgabe. In: io new management. 78. Jg., 2009, Nr. 9, S. 46-49

Schuh, G.; Schubert, J.; Michels, J.: Technologieführerschaft durch langfristiges Roadmapping. In: io new management. 78. Jg., 2009, Nr. 4, S. 54-57



Schuh, G.; Wittern, K.; Neemann, C.; Schubert, J.: Erfolg durch Nähe zu internen und externen Partnern. In: io new management. 78. Jg., 2009, Nr. 7-8, S. 50-53

Schütte, A.; Brecher, C.; Steyer, M.; Krüger, S.; Krombach, G.: New material for magnetic resonance imaging (MRI) - fiber-reinforced guide wires and catheters for Minimal invasive interventions. In: Dössel, O.; Schlegel, W. (Hrsg.): World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. (Reihe: IFMBE Proceedings ,Bd. 25) München, 7.-12. September 2009. Berlin: Springer, 2009, S. 163-165

Steyer, M.; Brecher, C.: Handling of Continuous Fiber-Reinforced Preforms for High-End Products in High- Volume Production. Tagungsband der Veranstaltung: »JEC-Forum 2009«. Paris, Frankreich, 25. März 2009.

Steyer, M.; Dubratz, M.; Schütte, A.; Wenzel, C.; Brecher, C.: Automated Mass Production of Fibre-Reinforced Components. In: JEC Composites Magazine. 38. Jg., 2009, 50, S. 62-65

Steyer, M.; Schütte, A.; Fischer, K.; Winkelmann, L.; Grundmann, T.: Großserienproduktion von strukturellen endlosfaserverstärkten Kunststoffbauteilen. In: ATZproduktion. 2. Jg., 2009, Nr. 3-4, S. 38-42

Winands, K.; Mescheder, H.; Böker, J.; Spöcker, G., Klocke, F.: Laserstrahlstrukturieren von Formwerkzeugen für den Kunststoffspritzguss. In: MB-Revue – Das Schweizer Industriemagazin. 2009, »Jahresausgabe 2009«, S. 102-105

Winterschladen, M.: Verfahren zur ganzheitlichen Auslegung von hydrostatischen Führungen und Lagern. In: Brecher, C.; Eversheim, W.; Klocke, F.; Pfeifer, T.; Schmitt, R.; Schuh, G.; Weck, M. (Hrsg.): Berichte aus der Produktionstechnik 1/2009. Aachen: Shaker Verlag, 2009

# DISSERTATIONEN 2009

## DISSERTATIONS 2009

Haag, C.: Werthaltigkeitsprüfung technologiebasierter immaterieller Vermögenswerte. Diss. RWTH Aachen, 2009

Heselhaus, M.: Undirektionale schwingungsunterstützte Ultra-präzisionszerspanung eisenhaltiger Werkstoffe mit definierter Schneidteilgeometrie. Diss. RWTH Aachen, 2009

Kukolja, J.: Absicherung der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung in komplexen Lieferketten. Diss. RWTH Aachen, 2009

Meinecke, M.: Prozessauslegung zum fünfschichtigen zirkularen Schrappfräsen von Titanlegierungen. Diss. RWTH Aachen, 2009

Möller, H.: Methodik zur Erzielung von Preistransparenz im Einkauf. Diss. RWTH Aachen, 2009

Pähler, D.: Rotational Grinding of Silicon Wafers. Diss. RWTH Aachen, 2009

Schmitz, S.: Großflächige Faserverbundstrukturen als strukturelle Verkleidungselemente in der Architektur. Diss. RWTH Aachen, 2009

# REFERENZEN

## REFERENCES



# IMPRESSUM

## EDITORIAL NOTES

### Herausgeber

#### Publisher

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT  
Steinbachstraße 17  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 8904-0  
Fax +49 241 8904-198  
info@ipt.fraunhofer.de  
www.ipt.fraunhofer.de

### Redaktion

#### Editorial Staff

Susanne Krause M.A.

Mitarbeiter des Fraunhofer IPT  
Seiten 122, 124: Mitarbeiter des Fraunhofer CMI

### Layout

#### Layout

Adelheid Peters

### Fotos

#### Photos

Fraunhofer IPT  
außer:  
Seite 21, 26, 57, 105, 107, 109, 111, 113, 117,  
119, 123, 125, 141, 143: Panther Media GmbH,  
Seite 29, 47: MEV Verlag GmbH,  
Seite 61: Thilo Vogel,  
Seite 73, 129: MTU Aero Engines GmbH  
Seite 115: Loewe AG,  
Seite 121 Daimler AG,

### Druck

#### Print Shop

RHIEM Druck, Voerde

© Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT,  
Aachen, 2010

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

No part of this publication may be reproduced or transmitted  
in any form or by any means without prior permission by the  
publishers and without identification of the source. Voucher  
copies are requested.

# INFORMATION-SERVICE

## INFORMATION SERVICE

Wenn Sie mehr Informationen zu den Forschungs- und Entwicklungsleistungen des Fraunhofer IPT wünschen, kreuzen Sie bitte das entsprechende Themenfeld an und senden oder faxen uns eine Kopie dieser Seite.

If you would like more information about the research and development activities and services at the Fraunhofer IPT, please post or fax us the following form, indicating your interests.

**Fax +49 241 8904-6180**

### Ihre Anschrift/Your Address

Name \_\_\_\_\_

Titel/Title \_\_\_\_\_

Firma/Company \_\_\_\_\_

Abteilung/Department \_\_\_\_\_

Straße/Street \_\_\_\_\_

Postleitzahl/Postcode \_\_\_\_\_

Stadt/Town \_\_\_\_\_

Telefon/Phone \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_

### Periodica/Periodicals

- ☐ Tools – Informationen der Aachener Produktionstechniker (nur auf deutsch/german only)
- ☐ Jahresbericht/Annual report

### Themen und Branchen/Themes and Industries

- ☐ Adaptive Fertigung/Adaptive Manufacturing
- ☐ Automatisierung und Sondermaschinen/Automation and Specialist Machines
- ☐ Computerunterstützte Fertigung/Computer-aided Manufacturing
- ☐ Faserverbundtechnik/Fiber-Reinforced Plastics Technology
- ☐ Feinbearbeitung und Mikrotechnik/Fine Machining and Micro Technology
- ☐ Funktionalisierung von Oberflächen/Functionalization of Surfaces
- ☐ Hochleistungszerspanung/High Performance Cutting
- ☐ Lasermaterialbearbeitung/Laser Machining
- ☐ Replikation von Optiken/Optics Replication
- ☐ Ultrapräzisionstechnik/Ultra Precision Technology
  
- ☐ Automobil/Automotive
- ☐ Energie/Energy
- ☐ Life Science/Life Science
- ☐ Luftfahrt/Aerospace
- ☐ Maschinen- und Anlagenbau/Mechanical and Plant Engineering
- ☐ Optik/Optics
- ☐ Präzisions- und Mikrotechnik/Precision and Micro Technology
- ☐ Werkzeug- und Formenbau/Tool and Die Making





© 2010

**Fraunhofer-Institut für  
Produktionstechnologie IPT**

**Institutsleitung**

**Executive Director**

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Fritz Klocke

**Institutsdirektorium**

**Board of Directors**

Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Fritz Klocke

Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh

Prof. Dr. Andre Sharon

Steinbachstraße 17

52074 Aachen

Germany

Telefon/Phone +49 241 8904-0

Fax +49 241 8904-198

[www.ipt.fraunhofer.de](http://www.ipt.fraunhofer.de)

[info@ipt.fraunhofer.de](mailto:info@ipt.fraunhofer.de)