



Fraunhofer

IPT

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNOLOGIE IPT

JAHRESBERICHT  
**2012**  
ANNUAL REPORT



**FRAUNHOFER IPT**

**JAHRESBERICHT**

**2012**

**ANNUAL REPORT**

# VORWORT

## FOREWORD

*Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt*

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

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

*Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher*

Liebe Leserinnen und Leser,

das Fraunhofer IPT wächst. Das vergangene Jahr, 2012, stand deshalb ganz im Zeichen des Aufbruchs: Neubau, Strategieprozess und der Start einiger bedeutender Großprojekte haben das Institut geprägt, uns einiges abverlangt, aber vor allem auch den Blick auf die Zukunft gelenkt. Die Maschinenbaubranche gilt hier weithin als Hoffnungsträger, die den wirtschaftlichen Stürmen nicht nur trotz, sondern dank neuer Konzepte und Denkmodelle auch einiges entgegensetzen kann.

Das Fraunhofer IPT arbeitet deshalb mit großem Engagement daran, die Produktion in Deutschland und Europa mitzugestalten und so den globalen Wettbewerbsdruck abzufedern. Energie- und Ressourceneffizienz, die Verringerung schädlicher Emissionen und ein weiter wachsender Stellenwert des Menschen in der Produktion spielen dabei eine wichtige Rolle. Beispielhaft hat das Fraunhofer IPT zwei Projekte an den Start gebracht, die diese wesentlichen Ziele schon heute anvisieren:

Das Technologie-Netzwerk »Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe – it's OWL«, unter Federführung unserer Paderborner Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik, soll als Zusammenschluss mit 174 Clusterpartnern in 46 Forschungsprojekten adaptive, robuste, vorausschauende und benutzerfreundliche Produktionsverfahren für intelligente Produkte von morgen entwickeln: von Automatisierungs- und Antriebslösungen über Haushaltsgeräte, Automaten, Fahrzeuge und Maschinen bis zu vernetzten Produktionsanlagen. Das Netzwerk ist als Spitzencluster vom BMBF ausgezeichnet worden.

Den Fraunhofer-Innovationscluster »AdaM – Adaptive Produktion für Ressourceneffizienz in Energie und Mobilität« haben wir im Jahr 2012 mit dem benachbarten Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT vorbereitet. Gemeinsam mit 21 Industriepartnern wollen wir die Ressourceneffizienz in der Energieversorgung und Mobilität verbessern, um messbar

Dear readers,

the Fraunhofer IPT is growing. Which is why 2012 has been a year of departures towards new horizons: new construction projects, the progress of our strategy process and the start of several major projects have brought many challenges but have also helped to point our vision more rigorously than ever to the future. Heavy engineering continues to carry much of our hopes in its ability to keep a steady ship in the midst of economic turbulences and to offer new concepts and theoretical models that look sufficiently well designed to weather the storm.

This is why the Fraunhofer IPT is so committed to contributing its share to the development of Germany's and Europe's industrial future, helping enterprises to cope with global competitive pressures. Energy and resource efficiency, the reduction of toxic emissions, a closer focus on the importance of the human element in the production chain – these are the things that we deeply care about. Two new projects of the Fraunhofer IPT illustrate what we are aiming for – and how we intend to achieve our objectives:

The technology network "Intelligent Technology Systems in the OstWestfalenLippe region – it's OWL", coordinated by the Fraunhofer project group for Mechatronic Systems Design in Paderborn, unites 174 partner organizations in 46 research projects and has been established to develop adaptive, robust, forward-looking and user-friendly manufacturing techniques for intelligent products on tomorrow's markets: from automation and engine drive solutions via household articles, automatic devices, vehicles and machines to integrated production facilities. The network has already been recognized as a "Leading-Edge Cluster" by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

2012 was also the year when we made the final preparations for the Fraunhofer Innovation Cluster "AdaM – Adaptive Production for Resource Efficiency in Energy and Mobility"



CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken und den Wirkungsgrad der Energiewandlung zu erhöhen. Der Innovationscluster soll über drei Jahre zu je 2,5 Millionen Euro vom Land Nordrhein-Westfalen und von der Fraunhofer-Gesellschaft sowie mit fünf Millionen Euro durch die beteiligten Unternehmen gefördert werden.

Um solche wichtigen Projekte zu bewältigen, müssen wir uns in den nächsten Jahren nicht nur personell vergrößern, sondern auch strategisch und operativ optimal aufstellen. Unser Strategieprozess hat – auch mit Unterstützung durch die Ergebnisse der fraunhoferweiten Mitarbeiterbefragung – sehr gute Fortschritte gemacht und es ist uns dadurch gelungen, uns gegenüber Partnern und Kunden noch deutlicher als bisher zu positionieren. Hier müssen wir am Ball bleiben, denn wir alle sind uns bewusst: Nichts ist so beständig wie der Wandel.

So sind auch unsere Mitarbeiter einem ständigen Wandel ausgesetzt, denn der Neubau erfordert immer wieder Umzüge innerhalb des Hauses und auch an externe Standorte, ist mit Lärm und Schmutz verbunden und strapaziert oftmals durchaus die Nerven. Gerade deshalb ist es wichtig, unseren Mitarbeitern, aber auch unseren Kunden und Projektpartnern Dank auszusprechen für ihre Geduld und ihr Vertrauen in das Institut und unsere gemeinsame Arbeit. Wir blicken mit Spannung und Freude in die Zukunft, auch in wirtschaftlich lebhaften Zeiten, denn wir sind überzeugt, dass wir mit unserer hervorragenden Mannschaft und unseren ambitionierten Plänen am Fraunhofer IPT schon jetzt auf einem guten Weg sind.

Februar 2013

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

together with our neighbours at the Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT. In close coordination with 21 industrial partners, we are planning to improve the resource efficiency in energy supplies and mobility through implementing new concepts for turbo engines and new designs for their components. The aim is to reduce CO<sub>2</sub> emissions significantly and to increase the efficiency rate of energy conversion technologies. The Innovation Cluster will receive total funds of 10 million euros over a period of three years, 2.5 million euros each from the government of the federal state of North-Rhine Westphalia and the Fraunhofer-Gesellschaft and another 5 million euros from the participating enterprises.

These and similar projects that involve the core competencies of the Fraunhofer IPT require us to adapt the size of our workforce as well as our strategies and operational structures to the new challenges. Our strategic process has made excellent progress, thanks also to the results of the Fraunhofer-wide employee survey, helping us to define our profile and our position even more distinctly for our corporate partners and customers. In all of these areas, we have to keep our eyes on the ball, because all of us are aware: nothing is as permanent as change.

Permanent change is something our own employees are, by now, sufficiently familiar with, our various construction projects having required many of them to move their desks to another floor of the same building or another building altogether. On top of that, of course, all construction projects inevitably produce their fair share of noise, dust and general stress. This is why it is particularly important to thank all of our employees, but also our customers and project partners for their patience and their unwavering belief in the Institute and the future success of our joint ventures. Even in this economically eventful period, we are looking forward to the future with confidence and anticipation, because all of us share a firm belief in our mission and the excellence of our team. The Fraunhofer IPT, we all agree, is on the right way.

# INHALT

## CONTENTS

2	<b>Vorwort</b> Foreword	26	<b>Spin Offs</b> Spin Offs
6	<b>Das Fraunhofer IPT im Profil</b> In Profile: The Fraunhofer IPT	28	<b>Das Institut in Zahlen</b> Facts and Figures
8	<b>Das Erfolgsrezept: Menschen und Maschinen</b> Our Formula for Success: Technology plus Human Resources	31	<b>Kuratorium</b> Board of Trustees
13	<b>Ausstattung</b> Equipment	32	<b>Unsere Geschäftsfelder</b> Our Business Units
16	<b>Organigramm</b> Organizational Chart	64	<b>Unsere Kompetenzen</b> Our Competencies
18	<b>Die Fraunhofer-Gesellschaft</b> The Fraunhofer-Gesellschaft	106	<b>Unsere Außenstellen</b> Our Branch Offices
20	<b>Denken in Prozessketten</b> To Consider the Entire Process	118	<b>Ereignisse, Publikationen, Referenzen</b> Events, Publications, References
22	<b>Leitbild</b> Mission Statement	140	<b>Impressum</b> Editorial Notes
24	<b>Exzellente Zusammenarbeit</b> Excellent Cooperation	141	<b>Informations-Service</b> Information Service

# DAS FRAUNHOFER IPT IM PROFIL

## IN PROFILE: THE FRAUNHOFER IPT

Wer heute mit Produkten und Dienstleistungen erfolgreich an globalen Märkten teilhaben will, muss immer wieder die eigenen Grenzen überschreiten und Veränderungen schnell und flexibel mitgestalten. Das Fraunhofer IPT vereint dazu langjähriges Wissen und Erfahrung aus allen Gebieten der Produktionstechnik. In den Bereichen

- Prozesstechnologie
- Produktionsmaschinen
- Produktionsqualität und Messtechnik
- Entwurfstechnik Mechatronik sowie
- Technologiemanagement

bieten wir unseren Kunden und Projektpartnern angewandte Forschung und Entwicklung mit unmittelbar umsetzbaren Ergebnissen. Dabei begreifen wir die Produktion nicht nur in ihren einzelnen Schritten, sondern betrachten bei unserer Arbeit die Gesamtheit ihrer Prozesse und die Verbindungen zwischen den jeweiligen Gliedern der Prozesskette – von der Vor- und Produktentwicklung über die Produktionsvorbereitung und die Fertigung bis zur Montage.

Wir entwickeln und optimieren neue und bestehende Methoden, Technologien und Prozesse für die Produktion der Zukunft. In einer ganzheitlichen Sichtweise betrachten wir die produktionstechnischen Herausforderungen unserer Kunden immer auch im Kontext der dazugehörigen Prozessketten. Auf diese Weise schaffen wir nicht nur hoch spezialisierte Einzeltechnologien, sondern erarbeiten im Auftrag unserer Kunden Systemlösungen für die Produktion.

Anybody who wants to launch his products and services successfully on today's global market must learn to exceed his own limitations and to shape the process of change, thinking on his feet and remaining for ever willing to adapt himself to the continuously changing requirements. With its broad range of skills in all fields of production technology and its many years of practical experience, the Fraunhofer IPT is uniquely positioned to provide its clients and project partners with applied research and development services that generate immediately marketable results. In the following areas:

- Process technology
- Production machines
- Production quality and metrology
- Mechatronic systems design
- Technology management

we understand the production process not as a mere sequence of isolated events. Our work has always taken into account the many ways in which the individual elements of the process chain are interconnected and interlinked, integrating the early and advanced stages of product development with the planning and preproduction processes as well as the production itself and the subsequent assembly into a single functional whole.

We develop and optimize new and existing methods, technologies and processes to create the production environment of the future. Using an integrated perspective, we always analyze the production technology challenges of our clients in the context of the process chains involved. This allows us to go beyond the development of individual technologies which are capable of performing highly specific tasks, designing customized system solutions for our clients' production requirements.



### **Branchen, Produkte und Technologien im Fokus**

In unseren Geschäftsfeldern bündeln wir die Kompetenzen der Abteilungen sowie des Fraunhofer CMI und unseres Partnerinstituts an der RWTH Aachen, des Werkzeugmaschinenlabors WZL. Diese interdisziplinäre Sicht aus der Perspektive der Industrie versetzt uns in die Lage, Aufgaben auch über die Grenzen eng gesteckter Arbeitsgebiete hinaus zu lösen.

Unser Leistungsspektrum orientiert sich an den individuellen Aufgaben und Herausforderungen innerhalb bestimmter Branchen, Technologien und Produktbereiche:

- Automobilbau und -zulieferer
- Energie
- Life Sciences
- Maschinen- und Anlagenbau
- Optik
- Präzisions- und Mikrotechnik
- Turbomaschinen
- Werkzeug- und Formenbau

### **Technologien für den Vorsprung**

Besonderen Wert legen wir auf den ständigen Austausch mit der Industrie und die Weiterentwicklung unseres Maschinenparks. Damit sichern wir Ihnen und uns technologische Aktualität für den entscheidenden Vorsprung in der Produktion. Unsere Labore und Maschinenhallen sind auf 3500 m<sup>2</sup> mit modernster Technik ausgestattet. Insgesamt umfasst das Fraunhofer IPT rund 6000 m<sup>2</sup> Fläche.

### **Industries, products and technologies**

Our business units combine the skills and the knowledge of the individual departments, the Fraunhofer CMI and our partner institute at the RWTH Aachen University, the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL. This interdisciplinary view – which is informed by and aligned with the perspective of industrial researchers – allows us to approach and develop solutions which require thinking beyond the narrow confines of any particular discipline.

Our range of services reflects the needs, requirements and challenges of a number of industries, technologies and product groups:

- Automotive industry including suppliers
- Energy
- Life sciences
- Mechanical engineering
- Optical industries
- Precision engineering and microtechnology
- Turbomachinery
- Tool and die making

### **Technologies that provide a cutting edge**

We put great importance on our continuous contacts and exchanges with industrial corporations and the permanent updating of our equipment. This allows us to ensure that we always remain abreast of the latest technological trends and developments – and that we can provide you with that all-important competitive edge in your production technologies. Our laboratories and production facilities feature state of the art technology and cover an area of 3.500 m<sup>2</sup>. The entire Fraunhofer IPT occupies an area of app. 6.000 m<sup>2</sup>.

# DAS ERFOLGSREZEPT: MENSCHEN UND MASCHINEN OUR FORMULA FOR SUCCESS: TECHNOLOGY PLUS HUMAN RESOURCES

Mehr als 415 Menschen arbeiten am Fraunhofer IPT aktiv mit viel Kreativität und Engagement an der Umsetzung aktueller Projekte. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts bringen ihre Kompetenzen abteilungsübergreifend in interdisziplinäre Teams ein: Flache Hierarchien und die Verantwortung des Einzelnen für das Ganze bieten Raum für eigene Ideen und motivieren, die gemeinsam gesteckten Ziele zu erreichen.

Wir orientieren uns dabei an einem Leitbild von Professionalität, Partnerschaftlichkeit und Effizienz. Diese zentralen Werte haben wir uns nicht von oben herab auferlegt, sondern sie stammen als echtes Selbstverständnis aus der Mitte unseres Instituts und werden seit Jahren aktiv von allen Angehörigen des Fraunhofer IPT gelebt.

Das Fraunhofer IPT bietet seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern damit ein exzellentes Arbeitsumfeld und eine Plattform zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Tätigkeiten am Institut, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in der Wirtschaft und für die Gesellschaft. Der »Transfer durch Köpfe« – das Weitertragen von Fachwissen über Personen – zählt zu den Aufgaben des Fraunhofer IPT.

## **Hervorragende Bedingungen für junge Ingenieurinnen und Ingenieure**

Seit mehr als zehn Jahren versucht das Fraunhofer IPT verstärkt Wissenschaftlerinnen für Forschungsprojekte zu gewinnen. Insgesamt beschäftigte das Fraunhofer IPT im Jahr 2012 zwölf Wissenschaftlerinnen und 110 Wissenschaftler. Dies entspricht einer Frauenquote von neun Prozent. Auch wenn es in den Ingenieurwissenschaften noch immer schwierig ist, weiblichen Nachwuchs zu rekrutieren, so glauben wir, gerade durch familienfreundliche Arbeitsbedingungen mittelfristig den Anteil an Wissenschaftlerinnen erhöhen zu können.

So bietet das Fraunhofer IPT seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beispielsweise an, eine Teilzeitbeschäftigung auf-

More than 415 highly committed and creative people are currently helping the Fraunhofer IPT to achieve its vision and to implement its various projects. All of the Institute's employees contribute their skills and knowledge to cross-departmental, interdisciplinary teams: our flat-hierarchy organizational structure which reflects the duty of each individual to assume responsibility for the entire project creates space for innovative ideas and ensures that our highly motivated workforce strives hard to achieve the jointly identified objectives.

We firmly and unconditionally believe in professionalism, partnership and efficiency. We did not discover the importance of these values for the purpose of phrasing a mission statement, but in the daily routines of our Institute. For many years, these principles have guided and informed the work of everybody at the Fraunhofer IPT.

The Fraunhofer IPT therefore provides its employees with an excellent working environment and a platform for their professional and personal development, enabling them to assume a wide range of responsibilities at the Institute, in academic science or other research institutions, in the industry and in the wider society. The Fraunhofer IPT is committed to assisting the global knowledge transfer, to ensure that society as a whole will eventually benefit from the skills and the expertise of a few gifted scientists.

## **Excellent Conditions for Young Engineers**

Over the past ten years, the Fraunhofer IPT has stepped up its efforts of recruiting larger numbers of female scientists for its research programs. In 2012, the Fraunhofer IPT employed 12 women in a workforce of 122 scientists, a ratio of nine percent. Even though our attempt to recruit larger numbers of young women for jobs in the engineering sciences will remain difficult for some time to come, we believe that we can – in the medium term – help to create a more even gender ratio specifically by providing family-friendly working conditions.



zunehmen, um Familie und Beruf besser verbinden zu können. Einige der wissenschaftlichen Mitarbeiter nehmen mittlerweile die Partnermonate in Anspruch, um während der ersten Monate nach der Geburt für Partner und Kind da zu sein. Darüber hinaus ist die Verwaltung des Fraunhofer IPT den Mitarbeitern behilflich bei der Suche nach geeigneten Kita-Plätzen.

#### **Karrieren beginnen am Fraunhofer IPT**

Die grundlegende Personalpolitik des Fraunhofer IPT hat sich seit Gründung des Instituts nur wenig verändert: Ziel ist es, jungen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in einem Zeitraum von rund fünf Jahren einen umfassenden Einblick in die Projektarbeit zu bieten und gleichzeitig bis zum Ende dieses Zeitraums die Promotion zu ermöglichen. Um diese Ziele zu erreichen, werden die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter direkt ab der ersten Stunde am Institut auf ihre zukünftigen Aufgaben vorbereitet und geschult.

Innerhalb von fünf Jahren haben die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die Möglichkeit, die Funktion eines Gruppenleiters auszuüben und anschließend als Oberingenieur die Leitung einer Abteilung zu übernehmen. Die Oberingenieure verbleiben im Durchschnitt etwa weitere fünf Jahre am Institut, so dass in jedem Jahr mindestens eine wissenschaftliche Nachwuchskraft die Chance hat, sich dieser Führungsaufgabe zu stellen.

Um die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auch auf die Zeit nach der Tätigkeit am Fraunhofer IPT vorzubereiten, beraten, trainieren und coachen wir sie bei Ihrer persönlichen Karriereplanung. Hierfür wurde in Zusammenarbeit mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen eigens die Personalberatung »Karrierepool WZL Aachen GmbH« eingerichtet. Diese unterstützt die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Fraunhofer IPT und des WZL bei der Planung und Umsetzung ihres nächsten Karriereschritts und baut Kontakte zu Unternehmen auf, die Fach- und Führungskräfte rekrutieren möchten. Diese

The Fraunhofer IPT therefore provides its employees with the opportunity of going part time, enabling young parents to reconcile the demands of family and career. Some young parents in our scientific staff have gone on parental leave, taking advantage of the chance to share the first few months of their children's lives with their partners. In general, the administration of the Fraunhofer IPT is always pleased to assist the members of staff in their search for suitable child care facilities.

#### **Careers start at the Fraunhofer IPT**

The basic principles of human resource management have changed little since the Fraunhofer IPT was established more than 30 years ago: it is our objective to provide young scientists with a comprehensive project work experience and to allow them, during this period of roughly five years, to complete their doctoral theses. In order to help them reach these objectives, the employees of the Institute are immediately – starting with the moment of their arrival – subjected to an intensive training and preparation schedule designed to allow them to accomplish their future tasks.

In the space of five years, some of our employees may become Group Managers and, subsequently, assume the responsibilities of a Head of Department. Heads of Departments remain on average for another five years at the Institute, which means that at least one such vacancy arises in any given year, providing a talented young scientist with the opportunity of meeting the challenges of managerial responsibility.

In order to prepare our young scientists for their post-Fraunhofer IPT careers, we provide them with suitable training, advice and career coaching. For this purpose, we established – in close cooperation with the WZL of the RWTH Aachen University – the "Karrierepool WZL Aachen GmbH". This personnel consulting service has been designed to support the scientific members of staff at the Fraunhofer IPT and the WZL in planning the next steps of their careers and in implementing

Beratung bei der Karriereplanung wird von fast allen unseren wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern genutzt. Im Jahr 2012 haben elf von ihnen das Institut in Richtung Industrie verlassen.

Bei dieser Personalpolitik ist es erforderlich, jährlich etwa 20 neue wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zu rekrutieren. Trotz der immer noch recht angespannten Bewerberlage ist es uns jedoch stets gelungen, diese Stellen zu besetzen. Rund ein Drittel der neu eingestellten Mitarbeiter haben das Fraunhofer IPT bereits während ihres Studiums als studentische Hilfskraft oder durch Studien- und Abschlussarbeiten kennengelernt. Doch hat in den vergangenen Jahren auch die Zahl der Bewerber, die an Universitäten außerhalb Aachens studiert haben, stark zugenommen.

Die herausragenden Leistungen des Fraunhofer IPT basieren nicht zuletzt auch auf optimalen internen Abläufen und fundiertem Methodeneinsatz. Verwaltung und interne Dienstleister sind aktiv in die Leistungserbringung eingebunden und stellen sicher, dass sich die Fachabteilungen auf technologische und methodische Innovationen konzentrieren können.

#### **Weiteres Personalwachstum in Aachen und Paderborn**

Allein in den vergangenen sechs Jahren ist das Fraunhofer IPT von 249 auf rund 415 Mitarbeiter angewachsen. Die Zahl der Festangestellten erhöhte sich seit 2006 von 116 auf 204. Starken Einfluss auf das Wachstum hatte im Jahr 2012 erneut die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik in Paderborn. Die Projektgruppe, die im Jahr 2011 mit Anbindung an das Fraunhofer IPT gegründet wurde, stützt sich auf die Forschungsarbeiten und Erfahrungen des Heinz Nixdorf Instituts der Universität Paderborn. Die drei beteiligten Professoren Jürgen Gausemeier, Wilhelm Schäfer und Ansgar Trächtler sind Lehrstuhlinhaber und leiten leistungsfähige Arbeitsgruppen am Heinz Nixdorf Institut. Erreicht die Projektgruppe, die mit zunächst 15 Mitarbeitern gestartet ist, bis zur

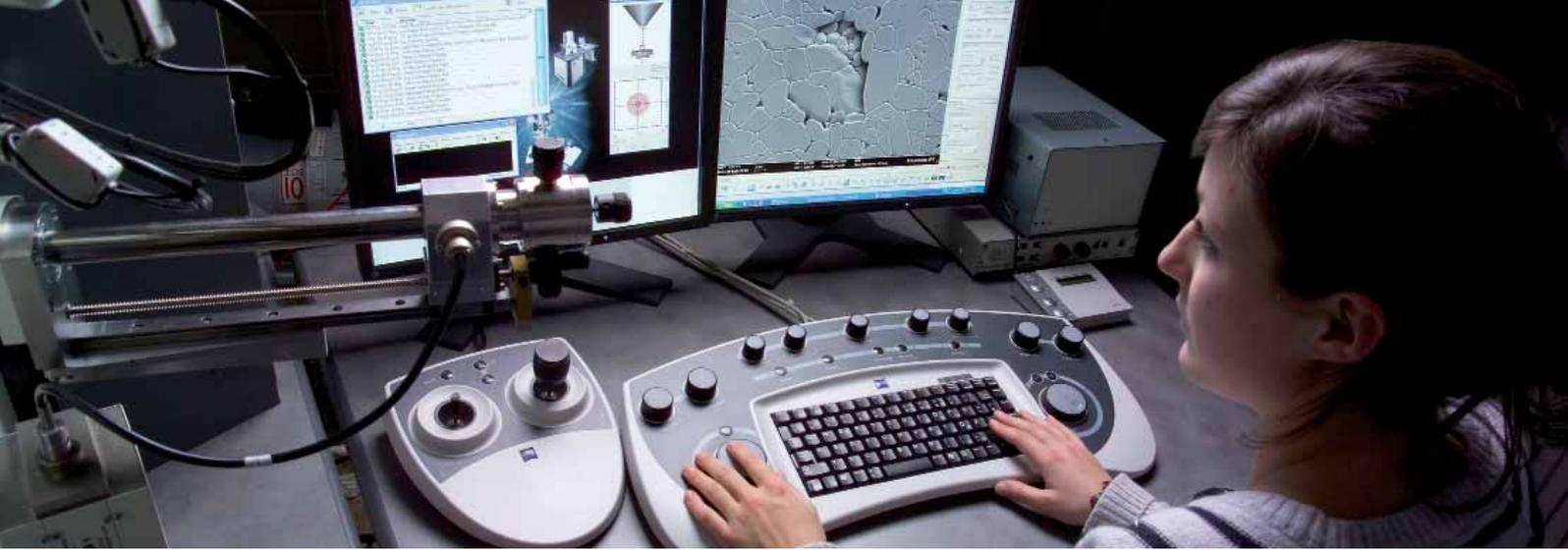
these career plans. The organization establishes contacts between the young scientists and corporations in search of suitable candidates for their R&D departments and managerial positions. Nearly all members of our scientific staff are taking advantage of these services to plan their subsequent careers. In 2012, 11 of our young scientists have left the Institute for a job in an industrial corporation.

Due to this personnel policy of ours, we need to recruit about 20 young scientists per year to fill our staff vacancies. Despite a general fall in the number of candidates over the past few years, we have so far managed to fill these vacancies every year. In the past few years, the proportion of candidates who completed their studies at universities outside the Aachen region has substantially increased.

The outstanding record of the Fraunhofer IPT is also a product of its streamlined internal processes and methodology. The back office department and internal service providers are actively involved in the performance of our services and allow the specialized departments to concentrate fully on the development of innovative technologies and techniques.

#### **Increasing headcounts at Aachen and Paderborn**

In the past six years alone, the headcount of the Fraunhofer IPT has risen from 249 to app. 415. In 2006, we had 116 permanent employees – today, there are 204. A substantial part of this growth is accounted for by the 2011 establishment of the Fraunhofer project group for mechatronic systems design in Paderborn. This project group is linked to the Fraunhofer IPT and intends to build on the research activities and experiences of the Heinz Nixdorf Institute at the University of Paderborn. The three professors who are involved in the Fraunhofer project group – Jürgen Gausemeier, Wilhelm Schäfer and Ansgar Trächtler – are fully tenured and lead highly efficient working groups at the Heinz Nixdorf Institute. If the project group – which started with 15 employees – manages to



Evaluierung im Jahr 2014 alle geforderten Ziele, kann 2015 die Institutsgründung erfolgen. Die Projektgruppe wird sich in einem innovativen Umfeld entwickeln: Sie ist seit November 2011 wichtiger Bestandteil des Forschungs- und Entwicklungsclusters »Zukunftsmeile Fürstenallee« in Paderborn und leitet bereits den BMBF-geförderten Spitzencluster »it's OWL« mit 174 Clusterpartnern in der Region Ostwestfalen-Lippe.

Hatte das Fraunhofer IPT aufgrund des starken Wachstums im Aachener Institutsteil bereits im Jahr 2010 separate Büro- und Hallenflächen in der Nähe des Instituts angemietet, sind im August 2012 die Neubauaktivitäten in der Steinbachstraße angelaufen und sollen bis Mai 2014 zusätzlichen Raumgewinn schaffen. Das gemeinsame Parkhaus für Fraunhofer ILT und IPT mit rund 360 Stellplätzen an der Forckenbeckstraße wurde im Jahr 2012 fertiggestellt, so dass die Bauarbeiten für die Erweiterung der Maschinenhalle, der Labore und Büros auf dem ehemaligen Institutsparkplatz starten konnten. Der Neubau wird eine Gesamtfläche von 550 m<sup>2</sup> umfassen. Die bisherige Infrastruktur bleibt zum großen Teil unverändert. Im Anschluss an den bestehenden Bürotrakt wird ein neuer Bürokomplex mit fünf Stockwerken errichtet. Insgesamt kostet der Neubau rund 14 Millionen Euro, dazu kommen zweieinhalb Millionen für das Parkhaus, die je zur Hälfte der Bund und das Land Nordrhein-Westfalen tragen.

### **Ergebnisse aus der fraunhoferweiten Mitarbeiterbefragung**

Die Ergebnisvorstellung der fraunhoferweiten Mitarbeiterbefragung, die bereits im Herbst 2011 stattgefunden hatte, ergab für das Fraunhofer IPT eine Bestätigung für den eingeschlagenen Kurs: Die insgesamt sehr positiven Ergebnisse dienen dem Institut deshalb vor allem als ein weiteres Mittel im hausweiten Strategieprozess, um bereits eingeleitete Maßnahmen weiterzuverfolgen. Schon ab Ende Februar, nur wenige Wochen nach der Ergebnispräsentation, wurden zahlreiche Treffen und Workshops durchgeführt, um

achieve all of its targets by the time of the first major evaluation in 2014, a new institute may be established as early as the following year. The project group will be able to develop in an innovation-friendly environment: since November 2011, it is one of the key elements of the Paderborn-based research and development cluster "Zukunftsmeile Fürstenallee" and is already heading the Leading Edge Cluster "it's OWL" – with funding from the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) – that features 174 partner organizations from the Ostwestfalen-Lippe region in northwest Germany.

Having rented separate premises for offices and workshops near the Institute in 2010 following strong growth of the Aachen-based operations, the Fraunhofer IPT oversaw the start of construction activities at the Steinbachstraße site in August 2012 and expects to move into the new buildings by May 2014. The multi-storey car park on Forckenbeckstraße – a joint project of the Fraunhofer ILT und IPT – with app. 360 parking spaces was completed in 2012, so the builders could move in and start to construct new extensions of the machine hall, the laboratories and the office suite on the grounds of the Institute's old parking space. These new buildings will cover an overall floor space of 550 m<sup>2</sup>. The existing infrastructure will largely remain in place and be extended by a five-storey office building. The new office building has an overall budget of app. 14 million euros while the multi-storey car park has cost 2.5 million euros. These costs will be shared in equal parts between the federal government and the state government of North-Rhine Westphalia.

### **Results from the internal staff survey**

No big surprises, but a welcome reassurance that the Fraunhofer IPT is on the right course: that, in short, was the message conveyed by the results of the staff survey that had been conducted across all Fraunhofer Institutes during the autumn of 2011. The results were overall very positive for the Fraunhofer IPT and will provide the basis for the manage-

## DAS ERFOLGSREZEPT: MENSCHEN UND MASCHINEN OUR FORMULA FOR SUCCESS: TECHNOLOGY PLUS HUMAN RESOURCES

auffällige Befunde zu diskutieren und Lösungsansätze für Kritikpunkte zu erarbeiten. Im April trafen sich außerdem die Fachabteilungsleiter zu ihrem halbjährlichen Strategietag, der sich dieses Mal schwerpunktmäßig mit den Ergebnissen der Mitarbeiterbefragung befasste.

Um die interne Kommunikation zu verbessern, die Mitarbeiter regelmäßig über alle wichtigen Entscheidungen, Hintergründe und Neuigkeiten zu informieren und abteilungsübergreifend Informationen auszutauschen, fand auch im Jahr 2012 wieder ein interner Informationstag statt. Das Feedback war erneut sehr positiv, so dass die Veranstaltung nun jährlich stattfinden soll.

Damit in hausweiten Fragen wie IT, Infrastruktur und Technik, internen Prozessen und Abläufen oder Arbeitssicherheit auf Basis fundierter Informationen die richtigen Entscheidungen getroffen werden, wurde auch die interne Gremienstruktur angepasst: In den jeweiligen Gremien bringen ausgewählte, kompetente Mitarbeiter, für die diese Themen eine besondere Relevanz besitzen, ihre Sicht in die Entscheidungsprozesse des Instituts ein, diskutieren miteinander und erarbeiten Lösungen, die hausweit Akzeptanz finden. Die Gremien erhalten damit einen großen Gestaltungsspielraum.

In den Geschäftsfeldern sollen klare Verantwortlichkeiten, ein offenes Miteinander sowie langfristig verfügbare Ansprechpartner noch mehr als bisher dafür sorgen, dass Projektpartner vom ersten Kontakt an professionell informiert und begleitet werden. Das Angebot des Fraunhofer IPT wird sich dafür in Zukunft stärker an den Geschäftsfeldern orientieren, damit Kunden ihre Themen unter dem Dach des Instituts leichter wiederfinden.

ment's further development of its strategic plan, encouraging it to continue the implementation of its current policy. As early as late February – only a few weeks after the survey's results had been presented – several meetings and workshops were organized to discuss the findings and to address some of the criticisms. In April, the Heads of Department met for their biannual strategy meeting which also focused on the results of the staff survey.

Another internal Information Day was held in 2012 to improve the flow of internal communications, to update the employees regularly about all important decisions, news and other events and to provide staff members from different departments with an opportunity of exchanging information and experiences. The feedback was again excellent, so it has now been decided to turn the Information Day into an annual event.

The structure of the internal decision-making bodies, meanwhile, was changed to ensure that well-informed decisions will continue to be made in areas with an Institute-wide relevance such as IT, infrastructure, technology, internal processes or health and safety. Members of staff with specific qualifications will be invited to inform the decision-making processes with their special skills, insights and experiences by discussing and developing solutions for the entire Institute with the management in designated bodies. These bodies will be given a fairly broad remit and the space they require to develop new approaches.

Clearly defined responsibilities, the spirit of an open community and a diligent cultivation of personal contacts: these characteristics of our individual divisions and departments have guaranteed our project partners first-class business services and professional consultation through the years. In order to reinforce the Institute's commitment to these principles, the service range of the Fraunhofer IPT will in future be more strictly aligned with the structures of the business units, allowing our customers to navigate our service offers with greater ease and to find more quickly what they want.

# AUSSTATTUNG

## EQUIPMENT

### Schleif- und Polieranlagen

#### Grinding and polishing machines and systems

- Rotationsschleifmaschinen zur Waferplanbearbeitung:  
G&N Multi-Nanogrinder
- Poliermaschinen zur Endbearbeitung sphärischer Bauteile:  
LOH SPS 120, Phoenix 4000
- Doppelseiten-Poliermaschine zum Planpolieren:  
Peter Wolters AC 530
- Topfschleifmaschine zur Vor- und Feinbearbeitung  
sphärischer Optiken: LOH SPM Spheromatic
- Manuelle Polierarbeitsstation
- Tribometer-Versuchsstand TRM 1000
- Zwei Schleif- und Polierroboter ABB IRB 4400
- Asphären-Polierroboter Satisloh All
- Schleifmaschine für Glasfasern: UltraPol Sculpted End

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

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

- Anlage zum nicht-isothermen Blankpressen von Glas:  
Füller GT52
- Anlagen zum Präzisionsblankpressen optischer Gläser:  
Toshiba GMP 211V, Toshiba GMP 207HV, Moore Nanotech  
065 GPM-S
- Anlage zum Prägen optischer Mikrostrukturen

### Ultrapräzisionsdreh- und -schleifmaschinen

#### Ultra precision turning and grinding machines

- Drehmaschinen zur Präzisions- und Ultrapräzisions-  
zerspänung 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: Benzinger TNC
- Schleifmaschinen zur Ultrapräzisionsbearbeitung technischer  
Keramik, Halbleiterwerkstoffe und Glas:  
Moore Nanotech 500 FG, Toshiba ULG-100D (SH3)
- Ultrapräzisionsschleif- und -drehmaschinen:  
Toshiba ULG 100D (SH3), Moore Nanotech 350FG Five Axis  
Freeform Generator

### Präzisions- und Hochleistungsbearbeitungszentren

#### Precision and high performance machining centers

- 5-Achs-Präzisionsschleif- und Fräsmaschine: Kern Micro
- 5-Achs-Hochleistungsfräsmaschinen:  
Heller MC 25, Alzmetall GX 1000/5-FDT
- Hochleistungsdrehbearbeitungszentrum:  
Monforts UniCen 1000 Multiturn
- Schaufelbearbeitungszentrum: StarragHeckert LX151
- 5-Achs-Präzisionsfräsmaschinen:  
Mikron HSM U 600, Kern Pyramid Nano, Kern HSPC 2216,  
LT Ultra MMC 1100-2Z
- 3-Achs-Portalfräsmaschine mit Dreh-Schwenktisch zur  
HSC- und Hartbearbeitung: Mikromat 8V HSC
- 5-Achs-Großfräsmaschinen zur Sonderbearbeitung:  
Ingersoll Bohle Mastercenter, Deckel Maho DMC 165 V  
Linear

### Beschichtungsanlage

#### Coating system

- PVD-Beschichtungsanlage: Cemecon 800/9
- Galvanik Nickel-Phosphor

### **Lasergeräte und Handhabungsanlagen**

#### **Lasers and auxiliary equipment**

- Nd:YAG-Festkörperlaser zur Materialbearbeitung mit einer Leistung bis zu 3 kW: Haas HL 3006 D
- Nd:YVO4-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 Zerspanung und Lasermaterialbearbeitung: Monforts UniCen 400 LaserTurn
- Anlagen zur generativen Fertigung von Keramik- und Metallteilen: Stereolithographie, Lasersintern: EOSINT M 160, EOSINT M250 Xtended; Lasergenerieren und Drahtauftragschweißen: Röders RFM-600 CMB
- Drückmaschine zum konventionellen und laserunterstützten Metalldrücken: Leifeld PNC/CNC 75
- 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)

- 5-achsiges Präzisionsbearbeitungszentrum für das Laserstrahlstrukturieren: Kern Evo
- 5-Achs-Gantry-Bearbeitungszentrum für die flexible Laseroberflächenbehandlung: Alzmetall GX 1000-LOB
- Superkontinuum-Laser NKT Photonics SuperK Extreme

### **Sondereinrichtungen**

#### **Specialist equipment**

- Reinraum Klasse 1000 (46 m<sup>2</sup>), Flow-Boxen 100
- Klimatisierte Kammern ( $\pm 0,1$  °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
- Spritzgießmaschinen: Arburg, Ferromatik
- Zellkulturlabor

### **Datenverarbeitung und Simulationswerkzeuge**

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

- Softwaresysteme für CAx-Anwendungen: Siemens PLM Software NX, CATIA V5, Pro Engineer Wildfire, Mastercam, Vericut, Cimatron, NCProfiler, Delcam
- FEM-Simulationsprogramme: ABAQUS, AdvantEdge, ANSYS, Cosmos M
- Zemax, Mountains Map, Vision 32, COMETinspect, PolyWorks



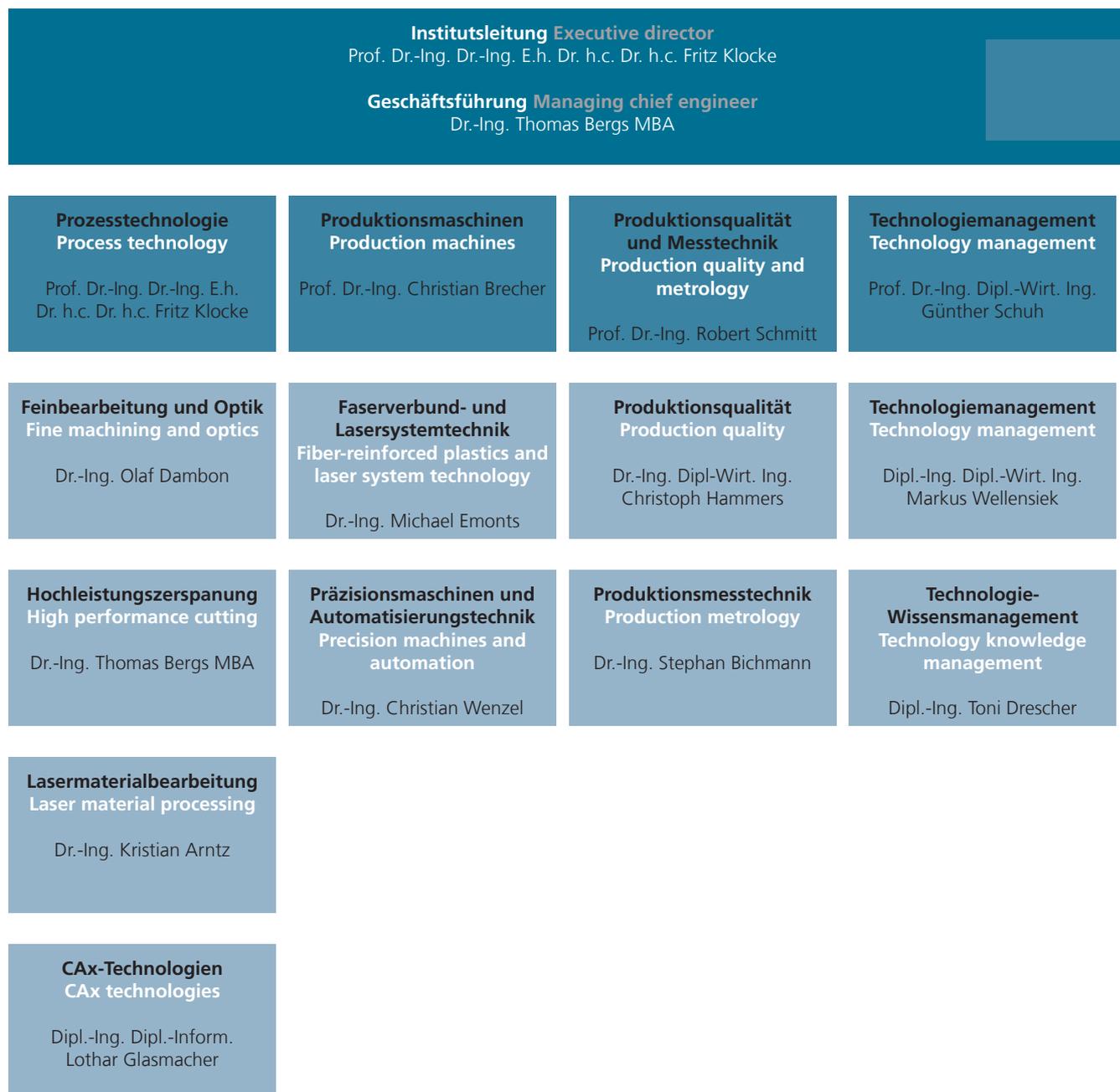
## Mess- und Prüfeinrichtungen

### Metrology and testing equipment

- Laserinterferometer zur Formprüfung: Zygo VeriFire AT+6", Wyko 6000, Fisba  $\mu$ PhaseDCI 2HR
- Deflektometrie-Messsystem: SpecGAGE<sup>3D</sup>
- Asphären-Messplatz: Mahr Surf LD120 Aspheric
- Wellenfrontmessgeräte: TriOptics WaveMaster, Trioptics WaveMaster LAB
- Weißlicht-Interferometer zur Mikrotopographie- und Rauheitsbestimmung: Veeco NT 1100
- Weißlicht-Interferometer für große Bauteile: Bruker NPFLEX 3D Surface Metrology System
- Konfokales 3D-Oberflächenmesssystem: Nanofokus  $\mu$ Surf Custom
- Hochauflösendes, optisches 3D-Oberflächenmesssystem: Alicona Imaging Infinite Focus System G4
- 5-Achs-Koordinatenmessgerät zur multisensoriellen Freiformkontrolle mit taktilen und optoelektronischen Messköpfen: Werth Videocheck IP
- 3D-Koordinatenmessgerät: Werth Videocheck UA 400
- Quarzkristall-3-Komponenten-Dynamometer: Kistler 9255 B
- Portalintegrierter chromatischer Sensor zur 3D-Oberflächenmessung: FRT MicroProof 100
- Lasertriangulationsscanner, Steinbichler L-Scan; Nikon LC 60D integriert in Werkzeugmaschine und Koordinatenmessgeräte
- Streifenprojektionssysteme, Steinbichler COMET 5 11M
- Form- und Oberflächenmessgeräte: Taylor Hobson Talyrond, Talysurf
- Rundheitsmesssystem mit optischer Antastung: Mahr MMQ 400
- Rasterelektronenmikroskop: Zeiss DSM 962 inkl. EDX-Analyse Oxford Isis, Carl Zeiss NeonTM EsB mit EDX-/EBSD-Analysesystem
- Konfokales Laserscanning-Mikroskop: Leica TCS SL
- Konfokales Lasermikroskop: Keyence VK-9700
- Fluoreszenz-Mikroskop: Keyence BZ-9000
- Lichtmikroskop: Zeiss Axiophot inkl. Bildanalyse SIS analySIS auto
- Digital-Mikroskop: Keyence VHX-500F
- 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
- 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

# ORGANIGRAMM

## ORGANIZATIONAL CHART



### Direktorium Board of directors

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

#### Interne Dienstleistung Services

Dr.-Ing. Thomas Bergs MBA

#### Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik, Paderborn Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design

Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler

#### Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI, USA

Prof. Dr. Andre Sharon

#### Fraunhofer Project Center for Coatings in Manufacturing PCCM, Greece

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h.  
Konstantinos Bouzakis

#### Verwaltung Administration

Josef von Heel

#### Produktentstehung Product engineering

Prof. Dr.-Ing.  
Jürgen Gausemeier

#### EDV, Haustechnik IT and building services

Dr.-Ing. Thomas Bergs MBA

#### Regelungstechnik Control engineering

Prof. Dr.-Ing. habil.  
Ansgar Trächtler

#### Interne Prozesse, Werkstätten und Labore Internal processes, workshops and laboratories

Dipl.-Ing. Axel Demmer

#### Softwaretechnik Software engineering

Prof. Dr. Wilhelm Schäfer

#### Strategische Geschäftsfeldentwicklung Business development

Dipl.-Ing. Torsten Moll

# 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 66 Institute und selbstständige Forschungseinrichtungen. Rund 22 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,9 Milliarden Euro. Davon fallen 1,6 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen 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 66 institutes and independent research units. The majority of the more than 22,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of 1.9 billion euros. Of this sum, more than 1.6 billion euros is generated through contract research. More than 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Almost 30 percent 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 international research centers and representative offices 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. Studierende eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

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

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.



# DENKEN IN PROZESSKETTEN

## TO CONSIDER THE ENTIRE PROCESS

Im Auftrag unserer Kunden entwickeln und optimieren wir Lösungen für die moderne Produktion. Dabei begreifen wir die Produktion nicht nur in ihren einzelnen Schritten, sondern betrachten bei unserer Arbeit die Gesamtheit ihrer Prozesse und die Verbindungen zwischen den jeweiligen Gliedern der Prozesskette: Unser Blick auf die Prozesskette reicht von der Forschung und Entwicklung über die Beschaffung der eingesetzten Rohstoffe und Dienstleistungen bis hin zur eigentlichen Produktion. Gleichzeitig behalten wir alle relevanten Geschäfts- und Managementprozesse im Auge.

### **Forschung und Entwicklung**

Bereits in den frühen Phasen der Produktentstehung, in der Forschung und Entwicklung, unterstützen wir unsere Kunden mit unserem Know-how: Gemeinsam identifizieren wir neue Technologien, erstellen Konzepte und entwickeln Prototypen. Dabei legen wir besonderen Wert auf die optimale Leistungsfähigkeit der eingesetzten Anlagen, Materialien und Prozesse, damit die Produkte unserer Kunden später erfolgreich im Wettbewerb bestehen.

### **Beschaffung**

Was Unternehmen nicht selbst herstellen, beschaffen sie bei ihren Lieferanten. Damit sie sicher gehen, dass sie die zugekauften Waren und Dienstleistungen günstig und zuverlässig in bester Qualität erhalten, nehmen wir die Lieferantenbasis unserer Kunden und die gelieferten Leistungen genau unter die Lupe: Wir strukturieren den Beschaffungsmarkt, helfen bei der Auswahl der richtigen Partner und erarbeiten anhand bewährter Methoden individuelle Maßnahmen, um die Beschaffungskosten unserer Kunden zu optimieren.

On behalf of our clients, we develop and optimize solutions for modern production facilities. Rather than considering production activities as individual operations, our work involves looking at all production processes and the links between all the elements of the overall process in their entirety: When we analyze our client's processes, we take in everything from research and development through the acquisition of raw material and services to the final production stages. At the same time, we keep an eye on all the relevant business and management processes.

### **Research and development**

Right at the early phases of product emergence – the research and development phase – we can use our expertise to help our customers identify new technologies, create concepts and develop prototypes. We place a great deal of importance on getting equipment, material and processes to perform optimally, giving our client's products the best chances of competing in the market.

### **Purchasing**

Whatever a company cannot make itself, it buys in from its suppliers. Companies need to be able to rely on their suppliers to provide top quality goods and services at reasonable prices, so we take a close look at their supply base and the services it provides. We structure the purchasing market for our clients, help them to choose the right partners and develop individual courses of action using tried-and-tested methods in order to optimize their purchasing costs.



### Produktion

Das Fraunhofer IPT gilt nicht ohne Grund als erfahrener Ansprechpartner für alle Fragen der Produktion: Von der Bestimmung des Status Quo über das Produktionskonzept, die Technologieauswahl und Systemgestaltung bis hin zur Entwicklung, Optimierung und Umsetzung von Prozessen und Prozessketten – zu jedem dieser Themen können unsere Projektpartner auf unser langjähriges Know-how und ein engagiertes Team aus Experten der unterschiedlichsten Disziplinen zurückgreifen. Konzepte, Technologien und Systeme betrachten wir dabei niemals isoliert, sondern immer im Kontext ihrer praktischen industriellen Anwendung.

### Management

Manche Situationen erfordern es, auch grundlegende Managementprozesse, die technologiestrategische Ausrichtung oder das strategische und operative Management als Ganzes kritisch auf den Prüfstand zu stellen. Wir hinterfragen Strukturen und Abläufe in allen Phasen von Forschung und Entwicklung, Beschaffung und Produktion und erarbeiten gemeinsam mit unseren Kunden neue, erfolgversprechende Vorgehensweisen ohne Bewährtes dabei einfach über Bord zu werfen. Besonders wichtig ist es uns, dass Neuerungen gerade in sensiblen Bereichen auch von den jeweiligen Mitarbeitern getragen werden.

### Production

The Fraunhofer IPT is seen by its clients as an experienced partner for all issues related to production – and not without good reason. Whether we are determining their status quo, analyzing their production concept, selecting technology, designing a system, or developing, optimizing and implementing processes, they can rely on our motivated team of experts representing different disciplines and many years of expertise. We never look at concepts, technologies and systems in isolation, but see them within the context of our client's industrial practice.

### Management

In some situations, it becomes necessary to critically review one's fundamental management processes, the technology strategy or the strategic and operative management as a whole. We analyze structures and processes at all phases of research and development, purchasing and production and help our partners to develop a new, more promising approach without abandoning best practices. We consider it particularly important that their employees stand firmly behind any changes, especially in sensitive areas.



# LEITBILD

## MISSION STATEMENT

### **Industriennahe Forschung und Beratung**

Aufgabe des Fraunhofer IPT ist die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in wirtschaftlich nutzbare, einzigartige Innovationen auf dem Gebiet der Produktion. Das Fraunhofer IPT fördert und betreibt anwendungsorientierte Forschung, Umsetzung von Forschungsergebnissen und Beratung mit Relevanz und Wirkung zum unmittelbaren Nutzen für die Industrie und leistet dadurch einen signifikanten Beitrag zu deren Wettbewerbsfähigkeit.

### **Exzellenz und Einzigartigkeit**

Das Fraunhofer IPT erbringt Forschungs- und Beratungsleistungen exzellenter Qualität auf Basis wissenschaftlich anerkannter Vorgehensweisen und nutzt hierfür eine modernste technische Ausstattung. Es ist das Ziel des Fraunhofer IPT, in der Vertragsforschung national und international die Technologie- und Meinungsführerschaft in seinen Schwerpunktthemen zu erreichen.

### **Transparente Entwicklungsleitlinien**

Das Fraunhofer IPT arbeitet nach einheitlichen Entwicklungsleitlinien, durch die die Kompetenzen der einzelnen Fachbereiche aufeinander abgestimmt und miteinander projektbezogen zusammengeführt werden. Darüber hinaus setzt es auf interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anerkannten Partnern aus Industrie und Forschung. Dies sind die Grundlagen dafür, dass das Fraunhofer IPT Systemlösungen aus einer Hand realisiert.

### **Qualifizierte und motivierte Mitarbeiter**

Die Leistungsfähigkeit des Fraunhofer IPT wird maßgeblich durch die fachlichen und sozialen Kompetenzen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bestimmt. Mit großem Commitment zum Institut sowie durch hohe Motivation und Professionalität in der Projektbearbeitung sind die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts die tragende Säule der Leistungsfähigkeit. Das Fraunhofer bietet ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern

### **Applied research and consulting**

The task of the Fraunhofer IPT is to transfer research findings into economically viable and unique innovations in the field of production. The Fraunhofer IPT promotes and conducts applied research, implements research results in an industrial context, and provides relevant and effective consulting services for the direct benefit of industry, thereby contributing significantly to the competitiveness of companies.

### **Excellent and exceptional**

The Fraunhofer IPT offers research and consulting services of excellent quality on the basis of scientifically recognized procedures and using state-of-the-art facilities. It is the goal of the Fraunhofer IPT to achieve technological and opinion leadership in its key focus areas with respect to contract research at both a national and international level.

### **Transparent development guidelines**

The Fraunhofer IPT works according to standard development guidelines that coordinate the competence areas of the individual departments and allow them to be integrated on a project basis. Value is also placed on interdisciplinary collaboration with recognized partners from industry and research. The Fraunhofer IPT uses these synergies to offer system solutions from a single source.

### **Qualified and motivated employees**

The performance of the Fraunhofer IPT is determined to a decisive degree by the technical and social competence of its staff. With a high level of commitment to the Institute and exceptional motivation and professionalism in projects, the employees of the Fraunhofer IPT are the foundation of our success. The Fraunhofer IPT provides its employees with an excellent working environment and a platform for professional and personal development that equips them for challenging tasks at the Institute as well as in other areas of science, in industry and in society. "Knowledge transfer via people",



ein exzellentes Arbeitsumfeld und eine Plattform zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Aufgaben im Institut, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in der Wirtschaft und der Gesellschaft. Der »Transfer durch Köpfe« – das Weitertragen von Fachwissen über Personen – gehört zu den Aufgaben des Fraunhofer IPT.

#### **Kultur und Werte**

Die Zusammenarbeit am Fraunhofer IPT ist geprägt durch einen respektvollen Umgang miteinander, der durch Thementransparenz, Offenheit, Kollegialität, Verständnis und Vertrauen charakterisiert ist. Dieser Anspruch bildet auch die Basis in der Zusammenarbeit mit unseren Partnern.

#### **Kundenorientierung**

Das Fraunhofer IPT richtet seine Tätigkeit konsequent am Nutzen der Kunden aus. Kundenzufriedenheit ist für das Fraunhofer IPT ein maßgeblicher Erfolgsindikator. Auf Basis unserer Fähigkeiten und Professionalität in der Vertragsforschung pflegen wir langfristige Partnerschaften.

#### **Effiziente Organisation**

Die exzellenten Leistungen des Fraunhofer IPT basieren auf optimalen internen Abläufen und fundiertem Methodeneinsatz. Verwaltung, technische Dienstleistungen sowie Marketing und Mediengestaltung sind aktiv in die Leistungserbringung eingebunden und ermöglichen, dass sich die Fachabteilungen auf technologische und methodische Innovationen konzentrieren können. Alle Organisationseinheiten des Fraunhofer IPT tragen so zur hohen Kundenzufriedenheit bei.

#### **Wirtschaftlicher Erfolg und unternehmerisches Handeln**

Grundvoraussetzung für die selbstbestimmte Eigenständigkeit und die gezielte Weiterentwicklung des Fraunhofer IPT ist wirtschaftlicher Erfolg. Durch die eigenständige Finanzierung von Institutsaktivitäten können technologische Potenziale in Zukunftsthemen zielgerichtet angegangen und Erfolg versprechende Lösungen für die Kunden abgeleitet werden.

i.e. external transfer of know-how gained at the Institute, is actively encouraged at the Fraunhofer IPT.

#### **Culture and values**

The working environment at the Fraunhofer IPT is marked by mutual respect, content transparency, openness, cooperativeness, understanding and trust. Collaboration with our partners also rests on these values.

#### **Customer orientation**

All activities of the Fraunhofer IPT are carried out for the direct benefit of the customer. Customer satisfaction is a decisive success indicator for the Fraunhofer IPT. Our capabilities and professionalism in contract research lead to long-term partnerships.

#### **Efficient organization**

The excellent work of the Fraunhofer IPT is based on optimum internal procedures and sound use of methods. Administrative and technical departments as well as marketing and media design are actively incorporated into our services, enabling the engineering departments to concentrate on technological and methodological innovations. All organizational units of the Fraunhofer IPT therefore play a role in ensuring the high level of customer satisfaction.

#### **Economic success and entrepreneurship**

Economic success is crucial to the self-management and to the strategic development of the Fraunhofer IPT. The independent financing of the Institute allows the technological potential in future issues to be approached in a targeted way, so that promising solutions may be derived for the customer.

# EXZELLENT ZUSAMMENARBEIT

## EXCELLENT COOPERATION

Unsere Mitgliedschaft in Netzwerken und Kooperationen versetzt uns in die Lage, interdisziplinäre Aufgaben auch über die Grenzen unseres Instituts hinaus zu lösen. So fördern wir nicht nur den Wissenstransfer, sondern auch die praxisnahe Aus- und Weiterbildung. Das umfassende Forschungsspektrum der Fraunhofer-Gesellschaft und die Nähe zur RWTH Aachen eröffnen uns einen weiteren umfangreichen Wissenspool, aus dem wir schöpfen können.

- Am Standort Aachen kooperieren wir in allen unseren Arbeitsgebieten eng mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, dessen vier leitende Lehrstuhlinhaber auch das Direktorium des Fraunhofer IPT stellen.
- In Paderborn beschloss das Fraunhofer IPT im Frühjahr 2011 die Einrichtung der Fraunhofer-Projektgruppe »Entwurfstechnik Mechatronik«, die sich mit der Entwicklung mechatronischer Systeme für die Regelungstechnik, Softwaretechnik und Produktentstehung befasst.
- Mit dem Centre for Research & Technology Hellas CERTH in Thessaloniki, Griechenland, kooperieren wir im Fraunhofer Project Center for Coatings in Manufacturing PCCM bei der Entwicklung von Schichtsystemen für den industriellen Einsatz.
- Internationalen Auftraggebern mit Standort USA stellen wir unsere Leistungen über das Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston vor Ort zur Verfügung.

### Schnittstelle zwischen Industrie und Wissenschaft

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

Our membership in networks and cooperative projects gives us the ability to solve interdisciplinary problems that would otherwise be beyond the scope of a single institute. This is not only a means to encourage the exchange of knowledge but also to carry out practical training and education. The extensive research spectrum covered by the Fraunhofer-Gesellschaft and the proximity to the RWTH Aachen University give us access to a far greater pool of knowledge to draw from.

- In Aachen, we cooperate closely with the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen University in all our areas of expertise. The four senior professors at the WZL are also the directors of the Fraunhofer IPT.
- Since Spring of 2011 the Fraunhofer IPT runs the Fraunhofer Project Group for Mechatronic Systems Design in Paderborn. This project group will work on the development of mechatronic systems for control technology, software technology and product planning.
- Through the Fraunhofer Project Center for Coatings in Manufacturing PCCM, we cooperate with the Centre for Research & Technology Hellas CERTH in Thessaloniki, Greece, on the development of layering systems for industrial applications.
- International clients based in the USA are provided with on-the-spot services via the Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston.

### Connecting industry and science

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.



### **Bilaterale Industrieprojekte**

Kurz- bis mittelfristig angelegte Auftragsforschung für Industriekunden bei individueller Auftragsgestaltung sowie langfristig angelegte Projekte zur gemeinsamen Lösungsfindung in einem konkurrenzarmen Umfeld.

- Technologie- und Methodenberatung
- Machbarkeitsstudien, Analysen und Bewertungen
- Techniken, Maschinen und Methoden
- Prototypen- und Maschinenbau

### **Öffentlich geförderte Projekte**

Mittel- bis langfristig angelegte Forschungsprojekte in einem Verbund aus Forschungs- und Industriepartnern.

- BMBF- und EU-Verbundprojekte
- Koordination industrieller Projektkonsortien
- Beratung für nationale und EU-Forschungsanträge

### **Internationale Projekte**

- Marktbewertung
- Standortaufbau
- Know-how-Transfer

### **Strategische Vorlaufforschung**

- Sonderforschungsbereiche und DFG-Grundlagenprojekte
- Studien

### **Dienstleistungen**

- Marktstudien
- Konstruktion und Kleinserienfertigung
- Messaufgaben
- Simulation

### **Bilateral industrial projects**

Short to medium-term contract research for industrial clients with individual commissioning and joint, long-term problem-solving projects in areas in which competition is minimal.

- Advice on technologies and methods
- Feasibility studies, analysis and assessments
- Techniques, machines and methods
- Prototype and machine construction

### **Public funding**

Medium to long-term research projects carried out by a network of research and industrial partners.

- Joint BMBF projects and EU projects
- Coordination of industrial project consortia
- Advice on national and EU research contracts

### **International projects**

- Market evaluation
- Site establishment
- Know-how transfer

### **Strategic preliminary research**

- Special research fields and fundamental projects contracted out by the German Research Foundation (DFG)
- Studies

### **Services**

- Market studies
- Design and small series
- Measuring activities
- Simulations

# SPIN OFFS

## SPIN OFFS

Das Fraunhofer IPT beherbergt unter seinem Dach mehrere kleine Unternehmen, die aus Projekten ambitionierter Mitarbeiter des Instituts hervorgegangen sind. Ziel ist es, die anwendungsorientierte Forschung in konkrete Produkte und Dienstleistungen für die Industrie zu überführen. Neben den genannten Unternehmen, die zurzeit noch durch die unmittelbare räumliche Nähe zum Fraunhofer IPT und dessen technische und administrative Infrastruktur profitieren, existieren weitere, die bereits den Schritt in eigene Büros, Labore oder gar Maschinenhallen gewagt haben und sich seit Jahren erfolgreich am Markt behaupten.

### **Aixtooling GmbH**

Die Aixtooling GmbH wurde 2005 als Spin-off Unternehmen des Fraunhofer IPT mit der Vision gegründet, das Präzisionsblankpressen von optischen Gläsern in Europa als eine Standardtechnologie der optischen Industrie zu etablieren. Das Unternehmen verfügt über umfangreiche Kompetenzen in allen wichtigen Bestandteilen der Prozesskette zur replikativen Fertigung von Präzisionsoptiken aus Glas. Kernkompetenz der Aixtooling GmbH sind das Werkzeugdesign, die Prozessauslegung sowie die Herstellung ultrapräziser Werkzeugsysteme. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPT besteht zudem die Möglichkeit, Machbarkeitsstudien und Entwicklungsprojekte durchzuführen. Auf serienreifen Pressmaschinen des japanischen Maschinenherstellers Toshiba Machine Corp. können Linsen bemustert und in Einzelfällen auch Kleinserien gepresst werden.

### **Innolite GmbH**

Die Innolite GmbH wurde im August 2008 aus dem Fraunhofer IPT gegründet. Initiales Kerngeschäft war und ist der ultra-präzise Formenbau für die Replikation von Kunststoffoptiken sowie die direkte Fertigung von Metalloptik. 2009 sind erste erfolgreiche Projekte im Bereich des Kunststoffspritzprägens abgeschlossen worden. In enger Zusammenarbeit mit

Under its roof the Fraunhofer IPT accommodates four spin-offs, founded by ambitious former staff members. Their goal is to transfer application-oriented research and development directly into industrial practice. In addition to those four companies that benefit from the close relation to the Fraunhofer IPT and its technical and administrative infrastructure, there are others that have already taken the step of moving into their own offices, laboratories and machine halls where they are operating a successful business.

### **Aixtooling GmbH**

Aixtooling GmbH was founded in 2005 as a spin-off company of the Fraunhofer Institute for Production Technology IPT, with the vision of establishing precision molding of optical glass as a standard technology for the optical industry in Europe. The young company has extensive competences in every significant component of the process chain for the replicative fabrication of precision glass optics. The core competences of Aixtooling GmbH are mold design, process layout, and the fabrication of ultra-precision molding systems. Feasibility studies and development projects can also be carried out in collaboration with the Fraunhofer IPT. Using production-ready molding machines from the Japanese machine builder Toshiba Machine Corporation, molded optics can be prototyped and small lots can be molded on a case-by-case basis.

### **Innolite GmbH**

Innolite GmbH was founded in August 2008 as a spin-off from the Fraunhofer IPT. Their core business has since been the ultra-precision mold-making for the replication of plastic optics as well as the direct manufacturing of metal optics. In 2009 the first successful projects in the field of plastic injection compression molding were completed. A decisive contribution to our customers was first made possible thanks to the close cooperation with our partners Arburg and the Institute of Plastics Processing IKV of the RWTH Aachen University. The

den Kooperationspartnern Arburg und dem Institut für Kunststoffverarbeitung IKV der RWTH Aachen konnte somit ein entscheidender Beitrag für die Kunden der Innolite GmbH hinzugezogen werden. In 2010 folgte die fertigungstechnische Umsetzung eigener Optiken für die LED-Beleuchtung. Die Entwicklung und der Aufbau von Ultrapräzisionsmaschinen haben im Jahr 2011 in der Innolite GmbH begonnen. Mit der Vorstellung der »IL600« im Mai 2012 wurde dieses neue Standbein offiziell und gefestigt.

#### **son-x GmbH**

Die son-x GmbH wurde im Sommer 2011 in Aachen als Spin-off Unternehmen des Fraunhofer IPT gegründet und bietet Bearbeitungssysteme für die ultraschallunterstützte Ultrapräzisionsbearbeitung an. Diese Technologie ermöglicht die direkte Bearbeitung von Stahl mit monokristallinen Diamantwerkzeugen in optischer Qualität. Durch die langjährige Tätigkeit der Mitarbeiter von son-x im Bereich der Ultrapräzisionsbearbeitung und der Optikfertigung konnte ein umfangreiches Know-how aufgebaut werden. Durch die strategische Partnerschaft mit dem Fraunhofer IPT im Bereich der Ultrapräzisionstechnik werden die Produkte von son-x stetig verbessert. Auf diese Weise garantiert das junge Unternehmen seinen Kunden eine enge Anlehnung an neueste wissenschaftliche Erkenntnisse. Die Produkte entsprechen somit stets dem aktuellsten Stand der Technik.

#### **Polyscale GmbH & Co. KG**

Kernkompetenzen von Polyscale sind die Mikrostrukturierung von großen Oberflächen, das optische Design zur Erstellung flächiger Lichtleiter höchster Leistungsfähigkeit und die Überführung der Ergebnisse in marktreife Serienprodukte für die einzelnen Zielmärkte in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden. Insbesondere individuelle Weiterentwicklungen oder komplette Entwicklungsprojekte werden in enger Kooperation mit dem Fraunhofer IPT durchgeführt.

technical implementation of our own optics for LED lighting followed in 2010. In 2011, the development and construction of ultra-precision machines started at Innolite GmbH. With the introduction of the "IL600" in May 2012, the second pillar was officially established.

#### **son-x GmbH**

Son-x GmbH was founded in the summer of 2011 in Aachen, Germany, as a spin-off company of Fraunhofer IPT that offers tooling systems for ultrasonic-assisted ultra-precision machining. By means of this technology, son-x enables direct machining of hardened steel and other materials with single-crystal diamond tools in an optical quality. Through the long-term experience of son-x's employees in the field of ultra-precision machining and optics manufacturing, a strong basis of know-how could be established. This know-how is offered to son-x's customers in order to optimally apply the technology of ultrasonic-assisted machining together with the company's products.

#### **Polyscale GmbH & Co. KG**

Polyscale develops, manufactures and distributes micro-structured components with optical features. A complex production process allows new properties of structured surfaces, opening various fields of applications. Polyscale concentrates on LED-driven technologies to develop and manufacture light guide plates. Polyscale's light guide solutions provide customized products for various industries to meet the highest possible standards of performance, efficiency and individuality.

# DAS INSTITUT IN ZAHLEN

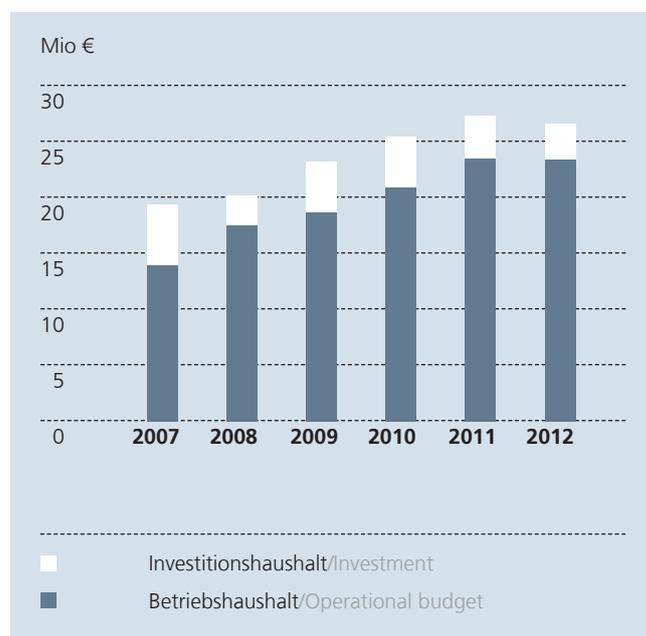
## FACTS AND FIGURES

### 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 2012 ein Volumen von ca. 23,3 Mio €. Er wies für das Berichtsjahr eine Eigenfinanzierungsquote des Instituts von etwa 77 Prozent auf.

### **Vertragsforschung**

Die Erträge aus Forschungsprojekten, die von Bundes- und Länderministerien gefördert wurden, sind gestiegen und trugen mit 4,8 Mio € bzw. 26 Prozent zur Eigenfinanzierung bei.

Die Erträge aus Projekten mit der EU-Kommission sind im Vergleich zum Vorjahr mit 1,8 Mio € gleich geblieben. 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 9,23 Mio €, also 50 Prozent des Eigenfinanzierungsanteils erreichten.

Die Zahlen geben den vorläufigen Jahresabschluss 2012 an.

### **Operational budget**

The operational budget amounted to approx. 23.3 million euros in 2012, with 77 percent self-financing.

### **Contract research**

Profits generated through research in national and statefunded projects decreased slightly, contributing 4.8 million euros to the institute's financing (26 percent).

Profits generated through EU-funded projects remained constant at 1.8 million euros. 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 cooperation with industrial partners which, combined with the profits from contract research for industry, business and trade associations, contributed 9.23 million euros to the institute's finances (50 percent).

The figures indicate the preliminary annual financial statement of 2012.

**Personalstruktur des Fraunhofer IPT**

Im Jahr 2012 waren im Schnitt 415 Mitarbeiter am Institut beschäftigt. Der Personalbestand der festangestellten wissenschaftlichen und nicht wissenschaftlichen Mitarbeiter wuchs in diesem Jahr auf 204 Mitarbeiter an. Der Anteil der Wissenschaftler lag bei circa 60 Prozent. Kennzeichnend ist ein hoher Anteil an jungen Mitarbeitern zwischen 25 und 35 Jahren, vorwiegend wissenschaftliche Mitarbeiter, die häufig nach dem Studium am Institut ins Berufsleben einsteigen. Daneben zeigt sich ein solider Sockel an nichtwissenschaftlichen Mitarbeitern durchgängig über alle Altersklassen.

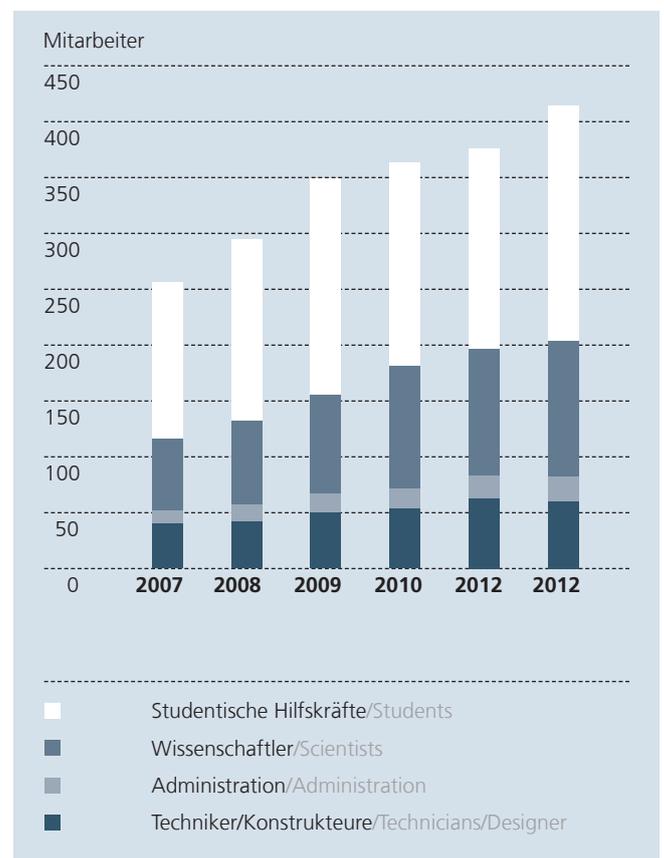
Am Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston, USA, waren in diesem Jahr 30 Mitarbeiter beschäftigt. Die Zahl der festangestellten wissenschaftlichen Mitarbeiter betrug 2012 16 Mitarbeiter. Zwei nicht wissenschaftliche Festangestellte unterstützten sie bei der Projektarbeit.



**Personnel structures at the Fraunhofer IPT**

An average of 415 staff was employed at the institute in 2012, with around 204 permanent staff members in scientific and non-scientific departments (60 percent scientific staff). Remarkable is the high proportion of young employees aged 25 to 35, mostly graduates starting their career at the Fraunhofer IPT as scientific staff. Besides there is a continuously strong base of non-scientific staff of all ages.

The Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI in Boston, USA, employed a staff of 30 in the past year, 16 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:

Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele  
Institut für Produktionsmanagement, Technologie und  
Werkzeugmaschinen (PTW) der Technischen Universität  
Darmstadt

Institute of Production Management, Technology and Machine  
Tools of Technische Universität Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Kirsten Bobzin  
Institut für Oberflächentechnik der RWTH Aachen  
Surface Engineering Institute, RWTH Aachen University

Dr.-Ing. Uwe H. Böhlke  
Lonza AG, Basel/Schweiz

Dr.-Ing. Matthias Fauser  
Dr. Johannes Heidenhain GmbH, Traunreut

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

Dr.-Ing. Markus Hilleke  
Inform GmbH, Mainz

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

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

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

Karl Schultheis, MdL  
Mitglied des Landtags Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf  
Member of the North Rhine-Westphalian Landtag, Düsseldorf

Dr. Markus Weber  
Carl Zeiss AG, Oberkochen

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

# UNSERE GESCHÄFTSFELDER OUR BUSINESS UNITS



Wer in der Produktionstechnik erfolgreich sein will, muss immer wieder über die eigenen Grenzen blicken, Veränderungen schnell erkennen und flexibel mitgestalten. In unseren Geschäftsfeldern orientieren wir uns daher besonders an den strategischen Bedarfen verschiedener Branchengruppen. Hier zeichnet uns ein tiefgehendes Verständnis für die individuellen Anforderungen und Möglichkeiten der entsprechenden Kundengruppen aus, sodass wir die Entwicklungen entscheidend vorantreiben können.

Wir führen in unseren Geschäftsfeldern das breite Kompetenzspektrum unserer Fachabteilungen zusammen und können unseren Kunden so durchgängige und bedarfsgerechte Lösungen anbieten. Abhängig von den jeweiligen Schwerpunkten greifen wir auch auf unser erweitertes Netzwerk zurück und binden die Kompetenzen unserer Partner ein. Eine besonders enge Kooperation verbindet uns hier mit dem Fraunhofer CMI und dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen. Dies versetzt uns in die Lage, interdisziplinäre Aufgaben auch über die Grenzen eng gesteckter Arbeitsgebiete hinweg zu lösen.

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. In our business units we take a close look on the strategic demands of different industries, being well known for our profound knowledge of their individual needs and scopes and for driving further developments.

In our business units we use the wide expertise of our departments and provide comprehensive solutions to our customers. Depending on the task we employ our enhanced network and involve partners, in particular the Fraunhofer CMI and the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen University. This enables us to solve interdisciplinary problems.

**34 Turbomaschinen**  
Turbomachinery

**40 Leichtbau-Produktionstechnik**  
Lightweight Production Engineering

**44 Werkzeugbau**  
Tool and Die Making

**50 Optik und optische Systeme**  
Optics and Optical Systems

**56 Integrierte mechatronische Systeme**  
Integrated Mechatronical Systems

**58 Life Sciences Engineering**

# TURBOMASCHINEN

## TURBOMACHINERY

Höhere Effizienz und niedrigere Emissionswerte sind die zentralen Ziele bei der Entwicklung moderner Turbomaschinen. Kennzeichnend sind zum Beispiel hochwarmfeste Werkstoffe, komplexe Geometrien und integrierte Komponenten. Zukunftsweisende Ansätze lassen sich oft erst dann verwirklichen, wenn auch neue Fertigungsverfahren eingesetzt werden. Die Anforderungen an die Qualität der Komponenten sind sehr hoch und stellen die Produktion vor besondere Herausforderungen hinsichtlich Prozessstabilität und Wirtschaftlichkeit.

Das Fraunhofer IPT beherrscht die konventionellen Fertigungstechnologien und entwickelt auf dieser Basis neue Lösungen. Wir bauen dabei auf unsere ganzheitliche Kompetenz in der Fertigungstechnologie, um gemeinsam mit den Herstellern von Turbomaschinen die wesentlichen Entwicklungschancen in den Produktions- und Reparaturabläufen schnell zu identifizieren. So erschließen wir mit unseren Kunden wirtschaftliche und technologische Potenziale. Wir entwerfen dabei durchgängige Prozessketten und überführen sie in automatisierte Fertigungslösungen.

### Unsere Leistungen

- Simultane 5-Achs-Fräs- und Drehbearbeitung
- Bewertung der Zerspanbarkeit neuer Werkstoffe
- Konstruktion neuer Spannsysteme
- Durchgängige CAX-Prozessketten, Entwicklung spezialisierter CAX-Module, NC-Datenanalyse und -optimierung
- Integration von Messtechnik in Prozessketten
- Automatisierte adaptive Schleifbearbeitung
- Analyse der produktbezogenen Lebenszykluskosten

### Kontakt/Contact

Dipl.-Ing. Alexander Schäfer  
Telefon/Phone +49 241 8904-367  
alexander.schaefer@ipt.fraunhofer.de

Increased efficiency and lower emissions – these are the main objectives in today's development of turbomachinery. Typical features of modern turbo engines include high-strength materials, complex geometries and integrated components. Groundbreaking new ideas can often only be realized once that new manufacturing techniques have been introduced. Components are subjected to very strict quality requirements, and production engineers must design processes that guarantee high levels of stability and efficiency.

The Fraunhofer IPT has a long successful track record in the design and adaptation of conventional production technology and uses this foundation to develop new solutions. Building on our skills and experience in all aspects of production technology, we are cooperating closely with turbo engine manufacturers to identify the key development opportunities in production and maintenance processes, exploring as well as exploiting efficiency and technology potentials with and on behalf of our clients. We are using our wide range of skills and technological competence to design integrated process chains and to develop them into automatic manufacturing solutions.

### Our services

- Simultaneous 5-axis milling and machining
- Rating the machinability of new materials
- Construction of new clamping systems
- Integrated CAX process chains, development of specialized CAX modules, NC data analyses and optimization
- Integration of measuring equipment into process chains
- Automated adaptive grinding processes
- Analyses of product-specific life cycle costs



### **Fraunhofer-Innovationscluster »Integrative Produktionstechnik für energieeffiziente Turbomaschinen – TurPro«**

Turbomaschinen in Kraftwerken und in Flugtriebwerken müssen extreme Belastungen aushalten und stellen höchste Ansprüche an Fertigung und Reparatur. Im Fraunhofer-Innovationscluster »Integrative Produktionstechnik für energieeffiziente Turbomaschinen – TurPro« entwickelten das Fraunhofer IPT und das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT von 2008 bis 2012 gemeinsam mit elf namhaften Industriepartnern neue Fertigungs- und Reparaturkonzepte für Turbomaschinen. Das Ergebnis sind richtungsweisende Innovationen, sowohl auf der Ebene einzelner Bearbeitungstechnologien als auch im Hinblick auf die durchgängige Ausgestaltung entlang der gesamten Prozesskette. Alle beteiligten Partner im Industriekonsortium profitieren nun nachhaltig von den Weiterentwicklungen. Sämtliche Teilprojekte erschlossen individuelle Potenziale bei den Projektpartnern, um die Leistungsfähigkeit ihrer Fertigung zu verbessern und damit einen Vorsprung gegenüber dem Wettbewerb zu erzielen. »TurPro« hatte eine Laufzeit von insgesamt drei Jahren und verfügte über ein Gesamtvolumen von zehn Millionen Euro, das aus Industriemitteln und Fördermitteln des Landes Nordrhein-Westfalen sowie der Fraunhofer-Gesellschaft stammten.

### **Fraunhofer-Innovationscluster »Adaptive Produktion für Ressourceneffizienz in Energie und Mobilität – AdaM«**

Hier setzt auch der Fraunhofer Innovationscluster »Adaptive Produktion für Ressourceneffizienz in Energie und Mobilität – AdaM« an: Übergeordnetes Ziel ist es, einen weiteren Beitrag zur nachhaltigen Steigerung der Ressourceneffizienz in Energieversorgung und Mobilität zu leisten. Im Vordergrund der Entwicklungen stehen neue Turbomaschinenkonzepte und Designs von Turbomaschinen-Komponenten mit einem messbar höheren Wirkungsgrad und niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energiewandlungsprozess. Erreicht werden soll dies durch flexible und gleichzeitig robuste Herstellungs- und

### **Fraunhofer Innovation Cluster "Integrative Production Technology for Energy-Efficient Turbo Engines – TurPro"**

Turbo engines in power stations and modern airliners must be able to resist extremely high material stress factors and to meet extremely high quality requirements of manufacturing and maintenance processes. From 2008 to 2012, the Fraunhofer IPT and the Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT worked together with eleven highly renowned industrial partner corporations in the Fraunhofer Innovation Cluster "Integrative Production Technology for Energy-Efficient Turbo Engines – TurPro", developing new production and repair concepts for turbomachinery. During this time, some groundbreaking innovations were developed, both on the level of individual processing technologies and in respect of the integration of entire process chains. All partner organizations from the industrial consortium are already drawing significant benefits from these developments after the sub-projects had helped them to identify and exploit their individual potentials, to improve their production efficiency and to gain competitive advantages. "TurPro" was a three-year program with an overall budget of 10 million euros that was funded by the industrial partners and by research grants from the Land of North-Rhine Westphalia as well as the Fraunhofer-Gesellschaft.

### **Fraunhofer Innovation Cluster "Adaptive Production for Resource Efficiency in Energy and Mobility"**

The Fraunhofer Innovation Cluster "Adaptive Production for Resource Efficiency in Energy and Mobility" has a similar strategy. It aims deliver another contribution to a sustainable increase in the resource efficiency of energy supplies and mobility. The Cluster has focused its activities on new turbo engine concepts and the design of turbo engine components with measurably higher efficiency ratios and lower CO<sub>2</sub> emissions during the energy conversion process. The idea is to achieve these objectives through flexible and robust production and repair chains as well as through conveniently

Reparaturketten sowie leicht anpassbare Einzeltechnologien für die Produktion von Turbomaschinen. Die Bewertung der Ressourceneffizienz erfolgt dabei erstmals in Form einer Lebenszyklusbetrachtung und berücksichtigt auch die Herstellung, den Betrieb und die Reparatur der Turbomaschinen. Die zugehörigen Entwicklungsarbeiten stehen in enger Kooperation mit führenden Unternehmen aus Nordrhein-Westfalen wie Siemens Power Generation in Mülheim an der Ruhr und MAN Diesel & Turbo SE in Oberhausen sowie mit zahlreichen kleinen und mittleren Zulieferern. Für die beteiligten OEMs und Zulieferer im Wirtschaftsraum NRW entsteht so eine einzigartige Plattform, die die Wettbewerbsposition des Landes NRW und der beteiligten Unternehmen nachhaltig sichert und ausbaut. Die Finanzierung des neuen Fraunhofer-Innovationsclusters stammt mit 5 Mio. € aus Mitteln der beteiligten Partnerunternehmen; jeweils 2,5 Mio. € werden das Land NRW und die Fraunhofer-Gesellschaft beisteuern.

### **Simultane 3-Achs-Drehbearbeitung**

Die Drehbearbeitung von Turbomaschinenkomponenten ist zeit- und kostenintensiv. Gründe sind nicht nur die extrem kurzen Werkzeugstandzeiten, sondern auch die große Anzahl an Werkzeughaltern, die bei Herstellung der komplexen Bauteilgeometrien zum Einsatz kommen. Beides führt zu häufigen Werkzeug- und Werkzeughalterwechseln und damit zu langen unproduktiven Nebenzeiten. Um dieser Herausforderung zu begegnen, hat das Fraunhofer IPT die B-Achse eines Dreh-/Fräszentrums als dritte Achse in den Drehprozess integriert. So verbessert sich die Flexibilität des Drehprozesses deutlich. Es werden weniger Werkzeughalter verwendet und durch die effizientere Schneidenausnutzung verlängert sich die Standzeit der Werkzeuge. Die Unternehmen profitieren also von einem geringeren Werkzeugverbrauch, einer niedrigeren Anzahl an Werkzeug- und Halterwechseln, kürzeren Nebenzeiten und damit niedrigeren Kosten.

adaptable individual technologies for the production of turbomachinery. Resource efficiency levels will for the first time be evaluated on the basis of integrated life cycle assessments that take into account the stages of production, operation and maintenance of the turbo engines. The corresponding development works have been conducted in close cooperation with leading industrial enterprises from the Land North-Rhine Westphalia such as Siemens Power Generation in Mülheim and MAN Diesel & Turbo SE in Oberhausen as well as many SME suppliers. This has served to provide a unique platform for these OEMs and suppliers from the region which should provide long-term benefits for companies in the federal state and enhance their competitive positions. The new Fraunhofer Innovation Cluster was funded with 5 million euros from the industrial partner organizations and 2.5 million euros each from the Land North-Rhine Westphalia and the Fraunhofer-Gesellschaft.

### **Simultaneous 3-axial turning**

The turning of turbomachinery components is a costly and time-consuming operation – mainly a reflection of the extremely short technical lives of the tools but also of the large number of tool holders that are required to manufacture the complex component geometries. This combination means that tools and tool holders must be frequently exchanged, resulting in long and unproductive auxiliary process times. In order to meet this challenge, the Fraunhofer IPT has now integrated the B-axis of a turning and milling center as a third axis into the turning operation, significantly enhancing the flexibility of this operation. Fewer tool holders are required, and the more efficient use of the blades has allowed us to lengthen the technical tool lives. Enterprises will benefit from a reduction in wear, less frequent exchanges of tools and tool holders, shorter auxiliary process times and altogether reduced operating costs.



### **Bearbeitung dünnwandiger Bauteile**

Auch Leichtbaukomponenten gewinnen bei der Herstellung von Turbomaschinen immer stärker an Bedeutung. Um Gewicht zu reduzieren, werden komplexe, dünnwandige Strukturen mit hochfesten Materialien kombiniert. Die daraus resultierende geringere Steifigkeit der Bauteile stellt jedoch hohe Anforderungen an den Fräsprozess. Hier sind die dynamische Anregung durch den Werkzeugeingriff, die statische Werkstückauslenkung aufgrund von Fräskräften und Deformationen durch Spannkraften wesentliche Herausforderungen. Die Bearbeitungsmethode entscheidet darüber, ob im Fertigungsprozess die gewünschten hohen Oberflächengüten und eine Form innerhalb der Toleranzen erzielt werden. Ein grundlegendes Prozessverständnis ist deshalb unabdingbar. Um den gegebenen Herausforderungen effizient begegnen zu können, zielt das im Jahr 2012 gestartete EU-Projekt »DynaMill« (Förderkennzeichen 314413) darauf ab, die Fräsbearbeitung dünnwandiger Bauteile vollständig zu beherrschen. Das Fraunhofer IPT wählte dafür einen dreimoduligen Ansatz, der die Prozessplanung mit adaptiven Spannsystemen und einer verbesserten Prozessführung kombiniert.

### **Reparatur und generativer Aufbau von Turbinenschaufeln**

Turbinenschaufeln erfahren an den Funktionsflächen starken Verschleiß aufgrund der intensiven Beanspruchung während ihres Einsatzes. Für eine längere Lebensdauer bietet sich das Laserauftragschweißen als besonders flexibles und effizientes Verfahren an, um Material in beschädigten Bereichen wieder aufzubereiten. Darüber hinaus kann es für den schichtweisen Aufbau der groben Schaufelgeometrie auf den Grundwerkstoff genutzt werden. In der nachfolgenden Endbearbeitung durch Fräsen wird die exakte Schaufelkontur und -geometrie gefertigt. Zur Umsetzung der 5-achsigen Laserflächenbehandlung baut das Fraunhofer IPT ein Bearbeitungszentrum mit integriertem Laserbearbeitungskopf auf. Die Gantry-

### **Processing thin-walled components**

Lightweight components also become increasingly important for the production of turbomachinery. Complex, thin-walled structures are combined with high-strength materials in an effort to reduce weight. Such components, however, have relatively lower levels of stiffness, something that needs to be taken into account when designing the milling processes: the dynamic excitation of the tool intervention, the levels of static workpiece deviation under the impact of the milling forces and clamping-force-induced deformations represent serious challenges. Whether or not the manufacturing process will be able to produce the required surface quality levels and to remain within the band of permissible variation is ultimately determined by the processing method – which is why it is so essential to understand in great detail what is happening during the industrial process involved. Under the EU project “DynaMill” (contract number 314413), research into the milling of thin-walled components has been conducted since 2012, with the objective of eventually allowing the engineers to meet all technological challenges of such operations. For this purpose, the Fraunhofer IPT has selected a three-module approach that combines process planning with adaptive clamping systems and improved process management strategies.

### **Repairs and the generative production of turbine blades**

High levels of material stress subject the functional surfaces of turbine blades to correspondingly high levels of wear. Their technical lives can be prolonged through the technique of laser deposit welding, a highly flexible and efficient method of repairing damaged surfaces. The same technique can also serve to deposit the blade geometries – layer by layer – on the base material. The contours and exact geometries of the blades are then manufactured during the subsequent finishing (milling) process. For the purposes of applying 5-axial laser surface treatment, the Fraunhofer IPT is providing a processing

Anlage Alzmetall GX 1000/5-TLOB wurde eigens für die Laseroberflächenbehandlung von Bauteilen entwickelt. Zudem sind Laserhärten und -umschmelzen von Bauteilen in der Anlage möglich, sodass eine breite Palette an Laserprozessen im Anlagensystem umgesetzt werden kann. Zur Bearbeitung und zum Aufbau der komplexen Geometrien dient ein Hochleistungsdiodenlaser mit einer maximalen Laserleistung von 5 kW, der zusammen mit dem Bearbeitungskopf in die Anlage integriert wurde. Anhand einer integrierten CAM-basierten Prozessplanung für 5-Achs-Fräsbearbeitungszentren können die Prozesse automatisch für unterschiedlichste Geometrien angewendet werden. Dadurch lässt sich die Qualität und Prozesseffizienz der Lasermaterialbearbeitung erheblich steigern.

### **Durchgängige Prozessketten zur Fertigung und Reparatur**

Ein wichtiges Ziel im 2012 abgeschlossenen Fraunhofer-Innovationscluster »TurPro« war es, durchgängige Prozessketten zur Fertigung und Reparatur von Turbomaschinenkomponenten zu entwickeln. Beispielhaft setzte das Team dazu jeweils eine Prozesskette zur Reparatur von Gasturbinenschaufeln und zur generativen Herstellung von Verdichterschaufeln aus Flugzeugtriebwerken um. Das Fraunhofer IPT hat dafür die Softwareplattform »CAx-Framework« weiterentwickelt. Mit dem »CAx-Framework« lassen sich sämtliche Produktionsdaten entlang der gesamten Prozesskette generieren und verwalten. Es umfasst relevante Simulationstools und spezialisierte CAM-Module für das Laserscannen, Laserauftragschweißen und Rekonturieren durch Fräsen oder Schleifen. Das einheitliche Datenmanagement und eine durchgängige Referenzierungsmethode vereinfachen die Integration hochauflösender 3D-Lasermesstechnik in die Prozesskette. Damit gelingt es, die tatsächlichen Geometriedaten der Werkstücke zu erfassen, die Bearbeitung an die individuellen Abweichungen vom Sollzustand anzupassen und damit präziser und effizienter umzusetzen. Auf diese Weise konnte ein Schaufel-Tip durch Laserauftragschweißen aufgebaut und anhand der

center with an integrated laser treatment head. The gantry facility Alzmetall GX 1000/5-TLOB has been specifically developed for the laser surface treatment of components. Laser hardening and laser remelting operations as well as a wide range of other laser-assisted processes can also be performed in the facility. A high-performance diode laser with a maximum power of 5 kW has been integrated into the facility alongside the treatment head where it serves to produce and to process the complex geometries. An integrated CAM-based process planning system for 5-axial milling centers allows the automatic application of the processes for a wide range of geometries, enabling the engineers to increase the quality and the process efficiency of the laser material treatment significantly.

### **Integrated manufacturing and maintenance process chains**

It was one important objective of the Fraunhofer Innovation Cluster "TurPro" to develop integrated process chains for the production and repair of turbo engine components. The team designed one exemplary process chain each for the repair of gas turbine blades and the generative production of compressor blades in jet engines. For this purpose, the Fraunhofer IPT developed key additions to the existing "CAx Framework" software platform. The "CAx Framework" – comprising simulation tools and customized CAM modules for laser scanning, laser deposit welding or contour restoration through milling or grinding – allows the engineers to generate and manage all production data along the process chain. The consolidated data management and the use of a single referencing method make it easy to integrate high-resolution 3D-laser measuring technology into the process chain – which allows the engineers to establish the actual geometries of the workpieces, to adapt the process parameters to the individual deviations from the target dimensions and to work with higher levels of efficiency and accuracy. In this way, they succeeded in producing a blade tip through laser deposit welding, restoring its



aufgenommenen Messdaten und des Soll-Modells adaptiv auf die individuelle Schaufelgeometrie rekonturiert werden. Die vorwettbewerblich entwickelten CAx-Technologien dienen als Basis für die Umsetzung spezialisierter CAx-Prozessketten zur Fertigung und Reparatur bei den Industriepartnern.

### **Technisches Risikomanagement**

Turbomaschinen werden in den unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt, ob als Antrieb von Flugzeugen, im Verbund mit Verbrennungskraftmaschinen in Kraftfahrzeugen, als Gas- und Dampfturbinen in Kraftwerken oder als Verdichter in verschiedenen Anwendungen in prozesstechnischen Anlagen oder der Öl- und Gasförderung. So unterschiedlich wie die Anwendungsfelder und damit die Anforderungen und Leistungsparameter sind, so ist ihnen eins gemein: Turbomaschinen gelten aufgrund ihres Einsatzortes und ihrer möglichen Ausfallmechanismen als ausfallkritische Systeme. Eine systematische Identifikation, Beurteilung und Behandlung der Risiken sowie ihre Nachverfolgung bis in den Feldeinsatz sind damit geboten. Das Fraunhofer IPT entwickelt und konzipiert im Rahmen bilateraler Projekte der industriellen Auftragsforschung gemeinsam mit der Industrie Branchenlösungen für das Technische Risikomanagement in der Produktentstehung von Turbomaschinen. Zentrale Elemente der Arbeiten sind die Entwicklung, Adaption und Implementierung von Methoden der Risikobeurteilung, die Konzeption geeigneter organisationaler Prozesse und Strukturen sowie der Aufbau von Risikoinventaren zur Sicherung und Nutzung von Erfahrungswissen.

contours adaptively onto the individual blade geometry on the basis of the measurement data and the target model. The CAx technologies that were developed in pre-competitive research studies were used by the industrial partner organizations as foundations for the implementation of customized CAx manufacturing and maintenance process chains.

### **Technology risk management**

Turbomachinery is used for a wide range of applications: in jet engines, in the internal combustion engines of automobiles, as gas or steam turbines in power stations and as compressors in process technology facilities for oil or gas production. As different as the applications and their specific requirements and parameters may be, however, they all share one problem: turbo engines are conceived – due to their positions in the system and their possible default mechanisms – as mission-critical elements, requiring a systematic identification, assessment and management of the potential risks in all areas of their application. Together with its industrial partner organizations, the Fraunhofer IPT is designing and developing industry-specific solutions for the technology risk management in the production of turbomachinery under a range of bilateral contract research projects. These projects focus on the development, adaptation and implementation of risk assessment strategies, the design of suitable organizational processes and structures and the development of risk inventories where experience and know-how can be stored and easily accessed.

# LEICHTBAU-PRODUKTIONSTECHNIK

## LIGHTWEIGHT PRODUCTION ENGINEERING

Das Spektrum an Leichtbauwerkstoffen ist inzwischen sehr weit und die Einsatzfelder sind nahezu unbeschränkt. Bei vielen Anwendungen verhindern jedoch wirtschaftliche Gründe immer noch den Einsatz dieser innovativen Materialien – vor allem dann, wenn große Stückzahlen gefordert sind. Im Geschäftsfeld »Leichtbau-Produktionstechnik« entwickelt das Fraunhofer IPT daher innovative Lösungen für die Großserienproduktion von Leichtbaukomponenten. Für Branchen wie Automotive und Aerospace, aber auch im Umfeld der Erneuerbaren Energien oder der Verfahrenstechnik bündeln wir unsere Kompetenzen aus der Produktionstechnologie mit unserem Wissen über die besonderen Herausforderungen der Verarbeitung von Leichtbaumaterialien. Im Auftrag unserer Kunden und Partner entwickeln wir Prozesse, Anlagen, Werkzeuge und Software für das Fügen, die Handhabung und die Qualitätssicherung von Faserverbundwerkstoffen, Hochleistungsmetallen, Keramiken und Multimaterialsystemen.

### Unsere Leistungen

- Produktionsgerechte Entwicklung von Multimaterial- und Faserverbundstrukturen
- Entwicklung und Automatisierung von Produktionssystemen für die Herstellung von Multimaterial- und Faserverbundstrukturen
- Handhabung flexibler Halbzeuge
- System- und Prozessentwicklung für das automatisierte Fügen und Trennen von Leichtbaukomponenten
- Online-Qualitätssicherung
- Funktionsintegration in Faserverbund- und Multimaterialstrukturen
- Leichtbaugerechte Produktionsplanung

### Kontakt/Contact

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

The range of lightweight construction materials has expanded enormously over the years and the areas of application considerations prevent the deployment of these innovative materials – particularly when large quantities are required. In the “Lightweight Production Engineering” business unit, the Fraunhofer IPT is therefore developing innovative manufacturing systems and technologies for large-scale manufacture of lightweight components. We focus our expertise in production technology and our knowledge of the challenges to be overcome when processing lightweight materials for the automotive and aerospace industries as well as in renewable energy environments, oil and gas, process engineering and other areas of industry. On behalf of our clients and partners, we develop processes, manufacturing installations, machine tools and software for primary and reforming operations, for joining, handling, functionalizing, reinforced plastics, high-performance metals, ceramics and multi-material systems.

### Our services

- Production-oriented development of multi-material and fiber-reinforced structures
- Development and automation of production systems for the manufacture of multi-material and fiber-reinforced structures
- Handling flexible semi-finished goods
- Development of automated joining, fastening, cutting and disconnecting systems for lightweight components
- Online-quality assurance
- Integration of functions in fiber composite and multi-material structures
- Lightweight component-oriented production planning



### **Integrative Prozesskette zur Herstellung endlosfaser-verstärkter thermoplastischer FVK-Bauteile**

Das Fraunhofer IPT entwickelt und optimiert Tapelegeköpfe und -anlagen zur automatisierten Produktion thermoplastischer endlos-kohlenstoff- und glasfaserverstärkter Kunststoffbauteile für den Einsatz in unterschiedlichsten Anwendungsgebieten. Mit der Ablage der Tapes übereinander und der gleichzeitigen Konsolidierung lassen sich unidirektionale endlosfaserverstärkte Bauteile oder Organobleche mit hohem Faservolumengehalt bis zu 65 Prozent ohne zeit- und energieintensive Aushärtung im Autoklaven produzieren. Zudem werden die Produktionsanlagen nicht mit Epoxidharz kontaminiert.

Im Projekt »Integrative Prozesskette für die automatisierte und flexible Produktion von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen – FibreChain« entwickelt das Fraunhofer IPT das weltweit erste automatisierte und dennoch flexible Produktionssystem zur Serienfertigung hochleistungsfähiger und recyclebarer Leichtbaukomponenten aus endlosfaserverstärkten Thermoplasten. Ein Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung des Umformverhaltens und der Handhabung lastoptimaler und lokal verstärkter Organobleche sowie auf der hauptzeitparallelen und fasergerechten Funktionalisierung der Bauteile. Das Vorhaben wird von der Europäischen Union innerhalb des siebten Rahmenprogramms (Förderkennzeichen FP7-NMP-2010-Large-4) unter der Grant Agreement Nr. 263385 gefördert.

### **Großserientaugliche Produktion last- und verschnitt-optimierter Organobleche**

Das Thermoformen von Organoblechen bietet das Potenzial für die industrielle Großserienproduktion von Leichtbaukomponenten aus Faserverbundkunststoffen (FVK). Ein Schlüssel zu mehr Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit liegt in der Belastungs- und Verschnittoptimierung der FVK-Halbzeuge.

### **Integrated process chain for the production of continuous fiber-reinforced thermoplastics**

The Fraunhofer IPT develops and optimizes tape-laying heads and tape-laying machines for the automatic production of continuous fiber-reinforced, structural thermoplastic components (carbon fibers or glass fibers) that may be used in a wide range of applications. By laying the tapes on top of each other and consolidating them at the same time, it is possible to produce unidirectional continuous fiber-reinforced components or organic sheets with fiber contents of up to 65 percent, avoiding the need for time-consuming and energy-intensive hardening processes in an autoclave. Nor will the manufacturing facilities be contaminated with epoxide resin.

As part of the project "Integrated process chain for the automatic and flexible production of components made from fibre-reinforced plastics – FibreChain", the Fraunhofer IPT is currently developing the world's first automatic and, at the same time, flexible system for the large series production of high-performance, recyclable lightweight components made from continuous fiber-reinforced thermoplastics. The project features important research studies into the deformation behavior of locally strengthened organic sheets with an optimized stress distribution, into the different ways of handling them and into methods of functionalizing the components that match the specific requirements of the fibers and that can be performed parallel to the production sequence. The project has received a grant from the European Union's seventh framework programme (contract number FP7-NMP-2010-Large-4) under grant agreement no. 263385.

### **Thermoforming of organic sheets with load capability optimization and cutting waste optimization**

The thermoforming of organic sheets provides potentials for the efficient production of FRP lightweight components in large series. Higher levels of performance and efficiency

Im Projekt »Energieeffiziente Produktion funktionsintegrierter thermoplastischer Faserverbundbauteile – E-Profit« erarbeitet das Fraunhofer IPT Strategien für die Herstellung belastungs- und verschnittoptimierter Organobleche aus unidirektionalen, thermoplastischen Prepregs. Das Projekt »E-Profit« (Förderkennzeichen 02PJ2230) wird innerhalb des BMBF-Rahmenkonzepts »Forschung für die Produktion von morgen« gefördert.

#### **Greifertechnologien zur Handhabung biegeschlaffer FVK-Halbzeuge**

Bei der Herstellung faserverstärkter Strukturbauteile nimmt die reproduzierbare Handhabung von Faserhalbzeugen wie Fasergeweben, -gelegen und -gestrickten großen Einfluss auf den Prozess und die erzielbare Produktqualität. Innerhalb der Forschergruppe »FOR860 TP3: Handhabung trockener und imprägnierter textiler Preforms« erforscht das Fraunhofer IPT grundlegende Mechanismen für den Greif-, Handhabungs- und Transportvorgang biegeschlaffer oder vorimprägnierter Faserhalbzeuge.

In diesem Rahmen entwickelte das Fraunhofer IPT neue Greiferkinematiken und -mechanismen sowie Handhabungsstrategien. Das Ergebnis ist unter anderem eine selbst-adaptive Oktopus-Greifkinematik, die eine Ablage von Halbzeugen mit passiver Anpassung an unterschiedliche komplexe Werkzeugformen erlaubt. Zudem konnte erstmals ein Greifer aufgebaut werden, der auf dem elektrostatischen Prinzip beruht. Dies gewährleistet das sichere Aufnehmen sowohl luftdurchlässiger, biegeschlaffer Halbzeuge als auch imprägnierter und damit klebriger Prepregs. Mit dem Greifer lassen sich die Materialien sicher und reproduzierbar ablegen, ohne dass sich dabei Falten bilden, Fasern beschädigt oder Greifersysteme kontaminiert werden.

can be reached through optimizing the load capabilities and cutting the waste of the semi-finished FRP products. As part of the project "Energy-efficient production of functionally integrated fiber-reinforced thermoplastics – E-Profit", the Fraunhofer IPT is developing strategies for the production of organic sheets from unidirectional, thermoplastic prepregs, optimizing their load capabilities and reducing the amount of cutting waste. The project "E-Profit" (contract number 02PJ2230) receives funds from the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF) as part of the framework concept "Research for the Production of Tomorrow".

#### **Gripper technologies for the proper handling of flexible semi-finished FRP products**

The extent to which reliable reproducible handling strategies for semi-finished FRP products such as fabrics and mats are in place for the production of fiber-reinforced structural components has a profound impact on the process itself and the ultimate quality of the products. In the researchers' group "FOR860 TP3: The handling of dry and impregnated textile preforms", the Fraunhofer IPT is exploring basic mechanisms for different techniques of gripping, handling and conveying flexible or pre-impregnated semi-finished FRP products. For this purpose, the Fraunhofer IPT has developed new mechanisms and kinematic processes for grippers as well as new handling strategies. Results include a self-adaptive system of octopus gripper kinematics that allows semi-finished products to be deposited with passive adjustment to a range of complex tool shapes. The Institute also constructed the very first gripper that was based on the electrostatic principle, ensuring the safe pick-up of air-permeable and flexible semi-finished products as well as of impregnated and consequently sticky prepregs. The new gripper is capable of depositing the materials safely and reliably (reproducibly) without folding or damaging the fibers and without contaminating the gripper systems.



### **Zerspanung faserverstärkter Thermo- und Duroplastwerkstoffe**

Der Einsatz neuer Leichtbaumaterialien in Form faserverstärkter Kunststoffe wird sich zukünftig nicht nur auf den Flugzeugbau beschränken, sondern auch in der Automobilindustrie Einzug finden. Hier sind jedoch neben neuen Herstellungsmethoden auch zuverlässige, für die Großserie geeignete Endbearbeitungsprozesse zu entwickeln.

Das Fraunhofer IPT hat sich diesem Thema im Jahr 2012 intensiv gewidmet und dabei technologische Untersuchungen zum Einfluss unterschiedlicher Schneidwerkstoffe und Werkzeuggeometrien durchgeführt. Neben Diamantwerkzeugen sind dabei Hartmetallschneiden mit verschiedenen Beschichtungen zum Einsatz gekommen. Gleichzeitig hat das Fraunhofer IPT unterschiedliche Bearbeitungsstrategien zur Minimierung prozessinduzierter Bauteilschädigungen erforscht. Im Vordergrund stand dabei auch die Konzeption geeigneter, speziell an die Anforderungen dünnwandiger Faserverbundkomponenten angepasster Spannmethoden. Um schädliche Emissionen zu verringern, die vor allem bei der trockenen Zerspanung von Faserverbundwerkstoffen auftreten, wurden zahlreiche Grundlagenuntersuchungen zum Schutz von Mensch und Maschine durchgeführt.

### **Machining of fiber-reinforced thermoplastics and duroplastics**

The new lightweight materials are still predominantly applied in the aerospace industry, but in the future, fiber-reinforced plastics will be used by other industries, too – such as car manufacturing. For this purpose, however, these industries must develop not only new manufacturing methods but also reliable finishing processes that are also suitable for industrial environments where large series of any given product are manufactured.

This is one area where the Fraunhofer IPT has conducted intensive research in 2012, completing technology surveys about the impact of different cutting materials and tool geometries and using diamond tools as well as hard metal blades with various coatings. At the same time, the Fraunhofer IPT analyzed different processing strategies in order to reduce process-induced component damage patterns and developed customized clamping methods that reflected the specific requirements of thin-walled fiber-reinforced composites. On top of that, some basic research studies were conducted to protect both man and machine. The studies were specifically designed to reduce toxic emissions that can be generated when fiber-reinforced composites undergo dry machining processes.

# WERKZEUGBAU

## TOOL AND DIE MAKING

Das Geschäftsfeld Werkzeugbau des Fraunhofer IPT bietet Unternehmen, Zulieferern und Kunden des Werkzeug- und Formenbaus ganzheitliche Lösungen, damit diese die vielfältigen Herausforderungen ihrer Branche erfolgreich bewältigen. Um unseren Kunden ein breites Angebot an Beratungs-, Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen liefern zu können, kooperieren wir eng mit dem Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen und der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH.

### Unsere Leistungen

- Individuelle Beratungsprojekte zu den Themen
  - Technologieauswahl, -einsatz und -optimierung
  - Kostensenkung sowie Reduktion von Durchlaufzeiten
- Forschungsprojekte
  - Auftragsforschung
  - Konsortialforschungsprojekte
  - Grundlagen- und Transferprojekte
  - Durchführung technologischer Projekte innerhalb der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie
- Aus- und Weiterbildung
  - Kolloquium »Werkzeugbau mit Zukunft«
  - Seminare und Vorträge
- Kennzahlen-Datenbank zum Werkzeugbau
  - Benchmarking-Projekte und -Studien
- Wettbewerb zum »Werkzeugbau des Jahres«

### Kontakt/Contact

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

The business unit "Tool and Die Making" of the Fraunhofer IPT provides producers, suppliers and customers of the tool and die making industry with integrated solutions, enabling them to meet the various challenges of their individual business environments. In order to provide our clients with the widest possible range of consultation, research and development services, we cooperate closely with the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen University and the WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH.

### Our services

- Individual consultation projects about
  - Selection, implementation and optimization of technology
  - Cost-efficiency drives and reduction of cycle times
- Research projects
  - Contract research
  - Consortium research projects
  - Basic research and transfer projects
  - Implementation of technology projects in the context of the WBA Aachener Werkzeugbau Akademie
- Vocational training and professional development
  - Colloquium "Tool and Die Making for the Future"
  - Seminars and speeches
- Database of tool and die making benchmarks
  - Benchmarking projects and studies
- "Toolmaker of the Year" competition



### **Wettbewerb »Excellence in Production« zum »Werkzeugbau des Jahres 2012«**

Der Gradmesser für die Leistungsfähigkeit von Unternehmen in der Branche des Werkzeug-, Formen- und Vorrichtungsbau ist der Wettbewerb »Excellence in Production« zum »Werkzeugbau des Jahres«. Im Jahr 2012 ging der interne Werkzeugbau der ZF Friedrichshafen AG mit Hauptstandort in Schweinfurt als Sieger aus dem Wettbewerb hervor. Während einer feierlichen Abendveranstaltung nahm Herbert Johann, Leiter Werkzeugbau der ZF Friedrichshafen AG, den begehrten Pokal vor mehr als 250 Zuschauern aus den Händen von Vorjahressieger Michael Breme, Leiter des Werkzeugbaus der Audi AG, entgegen. Damit setzte sich das Team der ZF Friedrichshafen AG in einem hochkarätig besetzten Wettbewerbsumfeld mit 290 Unternehmen erfolgreich durch. Zehn fachkundige Juroren aus Industrie, Verbänden, Politik und Wissenschaft bestimmten die Sieger in vier Kategorien und den Gesamtsieger.

Der Wettbewerb »Excellence in Production« findet seit 2004 jährlich statt. Teilnahmeberechtigt sind interne sowie externe Betriebe des Werkzeug-, Formen-, und Vorrichtungsbau. In einem dreistufigen Verfahren werden dann die besten Unternehmen in den Einzelkategorien sowie der Gesamtsieger gekürt. Bei den teilnehmenden Unternehmen werden nicht nur die technologische Leistungsfähigkeit, sondern auch finanzielle, organisatorische und strategische Aspekte bewertet. Ein Expertenteam nimmt zudem die besten Unternehmen vor Ort in Augenschein, um sich persönlich ein differenziertes Bild über die Leistungsfähigkeit zu verschaffen. In Interviews vor Ort werden Mitarbeiter und Führungskräfte zu ausgewählten Themen ausführlich befragt. Die Finalisten und die zwanzig besten Unternehmen erhalten ein Gütesiegel, das die Leistungsfähigkeit gegenüber Kunden, Lieferanten und Mitarbeitern dokumentiert. Alle teilnehmenden Unternehmen erhalten kostenlos und unverbindlich eine ausführliche Auswertung über die Position des eigenen Unternehmens im Wettbewerbsumfeld.

### **2012 Contest "Excellence in Production": Award for the "Tool Maker of the Year"**

Over the years, the competition "Excellence in Production" with its first prize for the "Tool Maker of the Year" has become the standard for corporate performance in the tool and die making industry. The internal tool making division of ZF Friedrichshafen AG, domiciled in Schweinfurt, won the latest edition of the contest in 2012. During a festive evening gala that was attended by more than 250 guests, Herbert Johann, Head of the Tool Manufacturing Division of ZF Friedrichshafen AG, received the award from the hands of the Director of the previous year's winner, Michael Breme from the tool manufacturing division of Audi AG. The team from ZF Friedrichshafen AG had beaten a high-calibre field of 290 corporate competitors. The jury, featuring ten experts from industrial associations, politics and science, had appointed the winners in four categories as well as an overall champion.

The competition "Excellence in Production" has been staged annually since 2004 for internal divisions and independent companies in tool, die and mold making. A three-step elimination process serves to whittle down the number of contestants before the jury settles on the winners in the four individual categories and an overall champion. The jury's decision is based on high-tech performance, but also on financial, organizational and strategic excellence. A team of experts conducts a series of on-site visits in order to acquaint itself personally with the companies on a shortlist of nominees, interviewing employees and executives comprehensively and in-depth to acquire an all-round view of the enterprise in question. The finalists and the 20 best companies receive a certificate that documents their overall excellence to employees, suppliers and customers alike. All participating companies are provided with a comprehensive evaluation that documents their position in the competition with business rivals.

### **Laseroberflächenbehandlung zur Standzeitverlängerung von Werkzeugen und Formen**

Hersteller von Schmiedegesenken müssen oftmals einen Kompromiss zwischen der Härte und der Zähigkeit von Oberflächen in Kauf nehmen. Starke Temperaturschwankungen sowie die hohen Schlagbelastungen durch den Schmiedevorgang stellen unterschiedliche Anforderungen an die Materialbeschaffenheit des Werkzeugs und lassen die Oberflächen nach wenigen hundert Hieben schnell verschleiben. Die Laseroberflächenbehandlung ermöglicht es nun, die beiden geforderten Eigenschaften sinnvoll zu verbinden und die Lebensdauer von Schmiedewerkzeugen deutlich zu verlängern. Mit dem Verfahren der Laseroberflächenbehandlung bearbeitete Werkzeugoberflächen halten so bis zu doppelt so lange wie herkömmlich bearbeitete Werkzeuge. Dazu werden Hartstoffpartikel unterschiedlicher Materialien mittels Laserstrahl in die Oberfläche legiert oder dispergiert. Das Fraunhofer IPT hat in Zusammenarbeit mit der Alzmetall GmbH & Co. KG ein 5-Achs-Bearbeitungszentrum entwickelt, das eine CAx-gestützte Lasermaterialbearbeitung erlaubt. So können freigeformte Gesenke und Werkzeuge automatisiert und reproduzierbar bearbeitet werden. Die CAM-Software wurde mit Experten der ModuleWorks GmbH entwickelt und an zahlreichen Beispielgeometrien getestet. Die Anlage und die dazugehörige Software sind nun einsatzbereit, erste Werkzeuge wurden bereits gefertigt und erfolgreich im harten Schmiedealltag eingesetzt.

### **Automatisiertes Schleifen, Läppen und Polieren von Werkzeugen und Formen**

Obwohl gängige Bauteil-Bearbeitungsverfahren wie Fräsen, Erodieren und Drehen bereits stark automatisiert und die Bearbeitungsanlagen in digitale CAx-Prozessketten eingebunden sind, erfolgt die Endbearbeitung von Form- und Werkzeugoberflächen auch heute noch weitgehend manuell.

### **Laser surface treatment to lengthen the technical lives of tools and dies**

The manufacturers of forging dies must often make compromises between the levels of surface hardness and surface toughness. Strong fluctuations of temperature and the high levels of impact stress that are generated by the forging process subject the tool materials to different sets of challenges, and as a result, the surfaces are often showing indications of wear after little more than a few hundred strokes. Laser surface treatment processes, however, have now made it possible to produce dies that combine both of these properties and that have a consequently far longer technical life. Tool surfaces that have received such a treatment can last up to twice as long as those of conventionally manufactured tools. For this purpose, different hard material particles are integrated into the surfaces under laser radiation, either through alloying or through dispersion. The Fraunhofer IPT has – in cooperation with Alzmetall GmbH & Co. KG – developed a 5-axial processing station that enables the material to undergo a CAx-assisted laser treatment and the automatic as well as reproducible processing of free-form dies and tools. The CAM-software was developed together with experts from ModuleWorks GmbH and continuously tested on exemplary geometries. The facility and the corresponding software are now ready for use: the first tools have already been produced and successfully integrated into industrial forging processes.

### **Automatic grinding, lapping and polishing of tools and dies**

Although common component machining processes such as milling, eroding and turning have been largely automated and most machining facilities have been integrated into digital CAx process chains, the finishing of form and tool surfaces has essentially remained a manual process. Tool manufacturers need to make room for time-consuming processes and must



Das bedeutet für Unternehmen im Werkzeugbau meist ein zeitintensives Finishing von Oberflächen – verbunden mit einer hohen Abhängigkeit von der physischen Bearbeitungs-kapazität und dem Know-how des jeweiligen Mitarbeiters. Außerdem lässt sich meist nicht zurückverfolgen, durch welche Bearbeitungsschritte welche Ergebnisse im manuellen Finishing erzielt wurden.

Nach der Systematisierung und Katalogisierung verschiedener Oberflächendefekte hat das Fraunhofer IPT in den vergangenen Jahren erste Polierstrategien für defektfreie Oberflächen untersucht. Detailliert wurden die Verwendung verschiedener Stahlsorten sowie die unterschiedlichen Bearbeitungsmethoden und -reihenfolgen geprüft, um ihren Einfluss auf die Oberflächengüte zu ermitteln. Im folgenden Schritt erarbeitete das Fraunhofer IPT innerhalb verschiedener Forschungsprojekte Ansätze zur Automatisierung des Finishing-Prozesses und baute zwei Anlagen zur robotergestützten Bearbeitung von Form- und Werkzeugoberflächen auf. Die CAx-Prozesskette zum Schleifen, Läppen und Polieren ist nun bereit für den industriellen Einsatz. Mit der dazugehörigen Abtragsimulation kann bereits im Vorfeld die Wirkweise der Bahnführung abgeschätzt werden. So gelingt eine optimale Bahnplanung und besonders kritische Stellen können im Vorfeld gezielt identifiziert werden. Die beiden Standard-Industrieroboter arbeiten mit einer modifizierten Spindel mit Standard-Werkzeugaufnahme. Diese erlaubt es außerdem, handelsübliche Polierwerkzeuge und -pads zu nutzen.

### **Weiterbildungsangebote für den Werkzeug- und Formenbau**

Effiziente industrielle Fertigungsprozesse erfordern präzise und komplexe Werkzeuge, die heute oft in automatisierte Fertigungsanlagen integriert sind. Der Werkzeug- und Formenbau liefert nicht nur das Werkzeug sondern optimiert häufig auch die bestehenden oder noch zu entwickelnden

be ready to accept that the results generally reflect the physical abilities and the skills of the individual employee who has been assigned to do the job. It is, on top of that, often difficult to trace back which individual steps in the manual finishing process have caused which results.

Having systematically categorized and catalogued the different types of surface defects that typically result from this process, the Fraunhofer IPT has over the past few years developed new approaches of how to polish surfaces without such defects. Experiments established the impact that the use of different types of steel, different processing methods and different processing sequences had on the surface qualities. Following this, the Fraunhofer IPT developed different strategies of how to automate the finishing process within various research projects, constructing two facilities for the robot-assisted machining of tool and die surfaces. The corresponding CAx process chain for grinding, lapping and polishing operations is now ready to be used in an industrial environment. The simulation of the erosion process helps the engineers to assess the likely effects of different machining tracks even before the industrial operation has started, optimizing the sequence through an early identification of potentially critical areas. The two standard-design industrial robots operate with a modified spindle that has been equipped with a standard tool holder. This set-up also enables the use of standard polishing tools and pads.

### **Advanced training courses for engineers in tool and die making**

Efficient industrial manufacturing processes require precise and complex tools that are often integrated into automatic production facilities. Tool and die makers deliver these tools but often go beyond that, also optimizing existing manufacturing processes or processes that are in the development stage. The industry thereby quite frequently assures uninter-

Fertigungsprozesse. Er verantwortet damit nicht selten die reibungslose Produktion an weltweit verteilten Standorten. Im frühen Stadium der Produktentwicklung berät er seine Kunden zur Materialauswahl und zur fertigungsgerechten Bauteilgestaltung. Die zukünftige Verwendung gänzlich neuer Materialien erfordert es zudem, umfangreiches Wissen aufzubauen, um neue Werkzeugkonzepte und Verarbeitungsmethoden zu entwickeln. Gleichzeitig steht der mittelständisch geprägte Werkzeugbau durch die wachsende Konkurrenz aus Niedriglohnländern unter hohem Kostendruck. Um den Unternehmen der Branche prozesskettenweit und aus neutraler Hand praktische Hilfe zu bieten, bündeln das Fraunhofer IPT und das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen ihr Werkzeugbau-Know-how in der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH.

Mit einem umfangreichen Weiterbildungsangebot von eintägigen Seminaren über ein »Expert-Programm« bis hin zum berufsbegleitenden Master-Studium bietet die WBA umfangreiche und praxisnahe Weiterbildungen für die Unternehmen des Werkzeug- und Formenbaus. Ein eigener Demonstrations-Werkzeugbau steht für die Schulung der Teilnehmer an der Maschine zur Verfügung und dient dazu, weiterführendes Prozess-Know-how zu entwickeln.

Gemeinsam mit Unternehmen des Werkzeugbaus sowie Zulieferern der Branche führt die WBA umsetzungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte durch. Unterschiedliche Beteiligungsmodelle ermöglichen es auch kleinen und mittleren Unternehmen, an diesen Projekten teilzunehmen.

#### **Leistungsfähigkeit von Unternehmen analysieren**

Kosten, Qualität und Lieferzeit sind Entscheidungskriterien des Werkzeugeinkaufs bei der Vergabe von Aufträgen. Wer sich als Werkzeug-, Formen- und Vorrichtungsbauer in allen drei Kriterien von der Konkurrenz erfolgreich absetzen möchte,

rupted and undisturbed production processes in production sites all over the world, advising its customers in early stages of the product development in areas such as material selection and production-oriented, efficient component design. The future use of an entirely new set of materials also requires the engineers to acquire the sort of knowledge that is necessary to develop tool concepts and processing strategies. At the same time, tool making companies – who are mainly SMEs – must cope with increasing cost pressures from their rivals which are based in low-wage countries. In order to provide these SMEs with neutral and practical help for concerns along the entire process chain, the Fraunhofer IPT and the Laboratory for Machine Tools and Production Engineering WZL of the RWTH Aachen University have combined their tool making skills and knowledge and jointly established the WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH.

The WBA is offering a comprehensive advanced training program that ranges from one-day seminars and an expert program to a full master's degree course which is integrated into the work schedule of people who are holding down a full-time job at the same time, providing comprehensive and practice-oriented training for the employees of companies in tool and die making.

The WBA training center has been equipped with a dedicated tool making facility that has been designed for demonstration purposes during the individual courses and intended to assist the development of sophisticated new process know-how.

The WBA is conducting implementation-oriented research and development projects, in close coordination with companies from the tool making industry. Different joint venture models also enable small and medium-sized enterprises to take part in these projects.



muss die Prozesskette zur Werkzeugherstellung optimal beherrschen. Vorhandene Technologien zur Werkzeugherstellung müssen sinnvoll ausgewählt und an der technologischen Grenze geführt werden. Die dazugehörigen organisatorischen Prozesse, von der Angebotserstellung bis hin zur Einplanung und Verteilung der Ressourcen sowie dem Projekt- und dem Werkstattmanagement, unterstützen in optimaler Weise den Herstellungsprozess und entlasten die Mitarbeiter in größtmöglichem Maße von nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten.

Doch erst die Werkzeug- und Formenbau-Unternehmen, die technologische und organisatorische Kennzahlen entlang des Herstellungsprozesses kennen, können das Unternehmen zielgerichtet und langfristig erfolgreich steuern. Dazu bedarf es der Kenntnis, wie das Unternehmen im Gesamtprozess und den dazugehörigen Teilprozessen aufgestellt ist. Das Fraunhofer IPT bietet deshalb seit mehr als 15 Jahren branchenorientierte Benchmarking-Projekte an. In der dazugehörigen Datenbank finden sich Datensätze von mehr als 150 Unternehmen, die anonymisiert zum Vergleich des Unternehmens mit der Branche dienen können. Das mit der Datenbank verbundene Kennzahlensystem erlaubt es, die eigene Position im Wettbewerb zu ermitteln und erleichtert es so, Verbesserungen abzuleiten. Das standardisierte Vorgehen im Benchmarking-Projekt bietet Unternehmen eine effiziente Projektbetreuung mit einem definierten Leistungs- und Kostenrahmen.

### **Analyzing corporate performance potentials**

Costs, quality and delivery times are the criteria on which job orders in the tool making industry depend. Any manufacturer of tools, dies and molds who wants to distinguish himself from his business rivals in all three areas must have absolute control over his entire tool manufacturing chain. He must choose which of the existing tool manufacturing technologies he wants to use and then exploit their technological potential to the full, while the organizational processes such as tendering, resource management, project management and workshop management must provide a maximum of support for the production process and allow the employees to concentrate on value-creating tasks.

Ultimately, however, only those tool and die making companies who are familiar with the technological and organizational parameters and benchmarks of the production process will be able to align their enterprise with their business targets and ensure its long-term success. They will, in other words, need to know all aspects of the overall process as well as their sub-processes. For this purpose, the Fraunhofer IPT has been providing industry-specific benchmarking projects for the past 15 years. The project database by now comprises anonymized data sets from more than 150 enterprises that serve as a basis for intra-industry comparisons. The database benchmark system enables our clients to establish their position on a competitive market, allowing them to identify potentials for further improvements. The standardized processes of the benchmarking project enable our corporate customers to manage their projects within a defined framework of costs and performances.

# OPTIK UND OPTISCHE SYSTEME

## OPTICS AND OPTICAL SYSTEMS

Die wachsende Nachfrage nach immer kompakteren technischen Produkten und der Trend zur Miniaturisierung nehmen starken Einfluss auf die Herstellung von Optiken. Dies zeigt sich in unterschiedlichsten Bereichen etwa bei Konsumgütern, wie Handys und Digitalkameras, aber auch bei hochwertigen Industriegütern der Lasertechnik oder im Bereich der Telekommunikation. Besondere Herausforderungen bestehen darin, komplexe Geometrien wirtschaftlich herzustellen und die optischen Komponenten in die entsprechenden Endgeräte zu integrieren.

Das Fraunhofer IPT beschäftigt sich im Branchenfokus Optik mit dem Design und der Fertigung komplexer High-End-Optiken aus Glas und Kunststoff sowie der Montage optischer Systeme. Die Technologieentwicklung und die Umsetzung durchgängiger Prozessketten zur direkten und replikativen Fertigung optischer Komponenten und Systeme zählen ebenso zu unseren Stärken wie der Einsatz und Aufbau leistungsfähiger Ultrapräzisions-Messtechnik und faseroptischer Sensorik, die wir dazu nutzen, Prozesse zu automatisieren, neu zu entwickeln und zu optimieren.

### Unsere Leistungen

- Direktfertigung von Glas- und Metalloptiken
- Formenbau und Beschichtung für Replikation komplexer Optiken aus Glas und Kunststoff
- Automatisierte Montage optischer Systeme
- Optikprüfung mit Interferometrie, Shack-Hartmann-Wellenfrontsensor, Deflektometrie sowie Mikro- und Nano-Koordinatenmessgeräten
- Entwicklung optischer Messtechnik für Sonderaufgaben

### Kontakt/Contact

Dipl.-Ing. Reik Krappig  
Telefon/Phone +49 241 8904-327  
reik.krappig@ipt.fraunhofer.de

The growing demand for ever more compact technology and the intensifying trend towards the miniaturization of such products are the twin forces that determine the development of today's optical industry. Whether the components are destined for consumer goods such as cell phones and digital cameras or for high-end industrial products such as laser technology and telecommunication equipment, the challenge is to find economically viable and efficient techniques of manufacturing complex geometries and of integrating the optical components into the finished device.

The business unit for optics at the Fraunhofer IPT designs and develops complex, high-end-optical components made from glass and plastics and assembles different components into optical systems. We specialize on technology development and the implementation of integrated process chains for the direct and replicative production of optical components and systems as much as on the development and deployment of high-performance ultra-precision metrology equipment and fiber-optic sensors, using them to automate, redesign and optimize industrial processes.

### Our services

- Direct manufacturing of optical components made from glass or metal
- Mold construction and coating for the replication of complex optical components made from glass or plastics
- Automatic assembly of optical systems
- Product tests featuring interferometry, Shack-Hartmann wavefront sensors, deflectometry and coordinate measuring equipment in the micrometer and nanometer range
- Development of customized optical measuring equipment



### Qualifizierung alternativer Formwerkstoffe für das nicht-isotherme Blankpressen von Glasoptiken

Eines der zahlreichen Anwendungsgebiete des nicht-isothermen Blankpressens ist die Herstellung optischer Komponenten aus Glas in hoher Stückzahl. Im Vergleich zur direkten Fertigung von Glaskomponenten, beispielsweise durch Schleifen und Polieren, erlaubt das nicht-isotherme Blankpressen die Herstellung gebrauchsfertiger Glasbauteile in nur einem Prozessschritt. Solche Komponenten kommen beispielsweise in konzentrierten Photovoltaikanlagen oder in der LED-Technik zum Einsatz. Vor allem die Standzeit der Formwerkzeuge ist bei der Herstellung eine kritische Erfolgsgröße, weil sie direkt die Stückkosten der gepressten Bauteile beeinflusst. Zum nicht-isothermen Blankpressen werden bisher fast ausschließlich Formen aus Stahl eingesetzt, die aufgrund der extremen Beanspruchungen beim Blankpressen eine stark begrenzte Lebensdauer besitzen. Zeit- und materialaufwändige Wechsel der Form sind die Folge.

Ziel des Projekts »InnoForm«, das durch das BMBF innerhalb des Programms »KMU-innovativ« im Technologiefeld »Produktionstechnologien« gefördert wird, ist es, diese Standzeitlimitierung durch den Einsatz neuer Formwerkstoffe zu umgehen. Aufgrund der besonderen Eigenschaften bieten alternative Werkstoffe wie Keramik und Hartmetall ein sehr großes technologisches Potenzial für die Standzeitverlängerung der Werkzeuge.

Da die Pressform während des Umformvorgangs unterschiedlichen Beanspruchungen ausgesetzt ist, wird im Projekt zunächst auf Basis einer Analyse ein Beanspruchungsprofil erstellt. So lassen sich aus der Vielzahl an Werkstoffen geeignete für das nicht-isotherme Blankpressen identifizieren und Kenntnisse über das Verhalten verschiedener Formwerkstoffe während der Abformung gewinnen. Da die neuen Formmaterialien gegenüber den bisher vorwiegend eingesetzten Stählen teilweise stark abweichende Eigenschaften besitzen,

### Qualification of alternative mold materials for non-isothermal glass molding processes

One of the many possible applications of the non-isothermal precision molding process is the production of optical glass components in large series. In contrast with the direct production of glass components, for example through grinding and polishing, non-isothermal precision molding allows the engineers to produce ready-to-use glass components in a single process step. These components are then used in applications such as concentrated photovoltaic plants and LED technology. The technical life span of the molding tools is a key parameter of the production process since it has a strong impact on the unit cost of the finished components. Until now, nearly all moulds that have been used in non-isothermal precision molding operations have been made from steel, but due to the extreme stress forces that are generated in this process, they have fairly short technical lives and must be exchanged rather frequently. This costs time and money.

The "InnoForm" project, which is sponsored by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) as part of its "Innovative SMEs" program within the department for "Production technologies", aims to bypass these limitations by using new materials for making the molds. Alternative materials such as ceramics and hard metal appear to provide particularly large technological potentials for longer technical tool lives.

Since the molds are subjected to a wide range of stress factors during the forming process, the first priority of the project is to produce a detailed stress profile, based on a thorough analysis. This will allow the engineers to understand how different mold materials behave during the forming process and to identify those materials that are particularly suitable for the non-isothermal precision molding process. Since some of the new materials have properties that are radically different from the materials that have so far been used (i.e. mainly steel), it

sind auch neue, idealerweise modulare Werkzeug- und Heizkonzepte zu entwickeln und zu testen. So bleibt ein Großteil des Werkzeugs bei einem verschleißbedingten Formwechsel erhalten und nur der Formeinsatz mit der optischen Oberfläche wird ausgetauscht.

#### **Schnelle Standzeitermittlung für Werkzeuge des Präzisionsblankpressens**

Das Präzisionsblankpressen hat sich in den vergangenen Jahren als Verfahren zur Produktion qualitativ hochwertiger, komplex geformter optischer Elemente etabliert. Der Prozess ist jedoch nur dann wirtschaftlich, wenn eine lange Standzeit für die Formwerkzeuge erreicht werden kann. Dazu werden oft Schutzschichten eingesetzt. Wegen der großen Vielfalt an Glassorten und Beschichtungen, die zur Verfügung stehen, ist die Ermittlung der passenden Schicht zum jeweiligen Glas mit sehr hohem Aufwand verbunden. Allein die Ermittlung der grundsätzlichen Schichteigenschaften reicht nicht aus, um die Leistungsfähigkeit der Beschichtungen im realen Prozess vorherzusagen. Auf der anderen Seite lässt sich die Werkzeugstandzeit in der Glaspresse aus Zeit- und Kostengründen nicht vorab testen. Eine schnelle Aussage über die Eignung einer bestimmten Beschichtung für eine bestimmte Glassorte zu treffen war deshalb bisher nicht möglich.

Das Fraunhofer IPT hat daher einen weltweit einzigartigen Prüfstand entwickelt, mit dem sich verschiedene Glas-Schicht-Kombinationen unter realen Prozessbedingungen prüfen lassen: Während im Prüfstand die Prozessbedingungen wie Temperatur, Presskraft und inerte Atmosphäre oder Vakuum des realen Prozesses herrschen, wird auf die zeitintensiven Heiz- und Kühlphasen vor und nach jedem Pressvorgang verzichtet. Stattdessen werden nacheinander mehrere Pressvorgänge an einer Glasplatte in einer isothermen Ofenkammer durchgeführt. Der zum Ermitteln der Standzeit wichtige Prozessschritt des kontrollierten Abkühlens vor der Trennung vom Glas findet lokal am Presswerkzeug statt. Um die Reprä-

will also be necessary to develop and test new – and ideally modular – tool and heating concepts. The objective is to keep on using the tool – or at least most of it – even if a single element, i.e. the mold, needs to be exchanged due to wear, exchanging only the mold insert including its optical surface.

#### **Measuring the probable technical lives of precision glass molding tools quickly and conveniently**

Over the past few years, precision glass molding has become a technology of choice for the production of high-quality complex optical elements. Any such production process, however, can only be economically viable if the molding tools have technical lives of reasonable length. For this purpose, they are often given protective coatings. Due to the large variety of different types of glass and available coatings, meanwhile, the process of matching the right type of coating with the right type of glass can be a time-consuming and expensive process. Specifically since it is not enough to establish the basic properties of the coating – this alone cannot predict how the coating will behave during the actual industrial process. For reasons of time and costs, it is also not possible to test the technical life span of the tools in the glass molding facility itself. Until now, it has therefore not been possible to make a quick and reliable prediction about the suitability of a certain coating for any given type of glass.

To address this issue, the Fraunhofer IPT has developed the world's first test station that is capable of subjecting different combinations of glass and layers to actual process conditions: temperature levels and stress forces as well as the inert atmosphere or the vacuum of the actual process are simulated, but without the time-consuming heating and cooling stages before or after each individual molding operation – instead, several molding operations are performed consecutively on a glass plate in an isothermal oven chamber, and the process step of controlled cooling immediately before the separation from the glass – which has specific relevance for the establish-



duzierbarkeit zu erhöhen und den Aufwand zu minimieren, ist der Prozess voll automatisiert. So kann die Testdauer für 300 Pressvorgänge am Prüfstand des Fraunhofer IPT von zwei Wochen auf nur zwei Tage reduziert werden.

### **OptiLight – Freiformoptiken aus Kunststoff für hocheffiziente Beleuchtungssysteme**

Neue Lichtquellen wie Hochleistungs-LEDs brauchen für viele Anwendungen angepasste Sekundär-Optiken, weil sich ihre Strahlcharakteristik deutlich von der traditioneller Leuchtmittel unterscheidet. Durch eine entsprechende Auslegung der frei geformten Optiken lässt sich das Licht besser nutzen. Zugleich sind solche Optiken kleiner als klassische Systeme und können in großen Stückzahlen durch Spritzgießen hergestellt werden. Die geringe Größe moderner Vorsatzoptiken mit Freiformgeometrie führt jedoch zu hohen Anforderungen an die Formgenauigkeit. Dies erfordert beim konventionellen Spritzgießen lange Zykluszeiten und steigert damit zugleich die Kosten- und Energieaufwände für die Herstellung. Das Ziel sind deshalb kürzere Zykluszeiten, die allerdings häufig zu unerwünschten optischen Nebeneffekten führen, beispielsweise durch eine höhere Doppelbrechung im Material oder stärkere Formabweichungen.

Die Aufgabe im Projekt »OptiLight« (Förderkennzeichen 02PO2464) war es daher, hocheffiziente Beleuchtungssysteme aus Freiformlinsen und -reflektoren zu entwickeln und für technische Anwendungen nutzbar zu machen. Nicht nur die Auslegung dieser Optiken, sondern auch die ressourcenbewusste Herstellung standen bei OptiLight im Mittelpunkt: zum einen durch die Auslegung und Gestaltung der Optiken und zum anderen in der Produktion dieser Optiken durch angepasste Spritzprägeverfahren.

Die erreichten Ergebnisse wurden am Beispiel einer Straßenbeleuchtung demonstriert. Diese Straßenleuchten mit speziell gestalteten Optiken erfüllen die geltenden Normen bei einer

ment of the technical life – is performed locally at the molding press. This process has been fully automated, increasing reproducibility and reducing operating costs. A test that comprises 300 pressing sequences would normally take up to two weeks to complete – at the test station of the Fraunhofer IPT, it can be performed in only two days.

### **OptiLight – freeform plastic optics for high-efficiency lighting systems**

New lighting sources such as high-performance LEDs require customized secondary optics for a range of applications, since the characteristics of their beams are different from those of conventional light sources. By customizing the freeform optics accordingly, we can use the light more effectively. Such optics are also generally smaller than conventional systems and can be produced in large series through injection molding processes. Due to the small sizes of modern, freeform optical heads, meanwhile, dimensional accuracy requirements are very strict, translating into long cycle times for conventional injection molding processes – and high energy costs as well as high operating costs for the manufacturer. Shorter cycle times, however, often produce undesired optical side effects, for example higher double refractions in the material and more deviations from the specified shape.

The “OptiLight” project (contract number 02PO2464) therefore aimed to develop high-efficiency lighting systems on the basis of freeform lenses and reflectors, preparing them for their eventual use in industrial applications. The intelligent management of existing resources for the manufacturing process provided the focus of the OptiLight project as much as the actual design of the optics. This manifested itself in the development of the design process and of the production process which consisted of customized injection molding techniques.

bis zu 50 Prozent niedrigeren Gesamtleistungsaufnahme im Vergleich zum aktuellen Stand der Technik. So können weniger Leuchten in größeren Mastabständen aufgestellt und der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand verringert werden. Die Ergebnisse des Projekts lassen sich uneingeschränkt auf andere Einsatzfelder technischer Leuchten übertragen, sofern die quantitative Modellierung des gewünschten Beleuchtungsverhaltens möglich ist.

#### **Zentrierdrehen gefasster Linsen durch Unrund-Bearbeitung**

Die Abbildungsleistung komplexer Objektivs hängt stark von der korrekten Lage der einzelnen Linsen im System ab. Ungenauigkeiten, die beim Verkitten oder Verkleben optischer Linsen in einer Fassung entstehen, müssen korrigiert werden. Bei der Zentrierbearbeitung geschieht dies, indem die Fassung nachbearbeitet wird. Bisher wird die Fassung dazu auf ein Justierfutter aufgenommen, um die optische Achse der Linse manuell oder automatisiert auf die Spindelachse einer Drehmaschine auszurichten. Das anschließende Abdrehen bringt die Fassung mit der optischen Achse der Linse in Übereinstimmung.

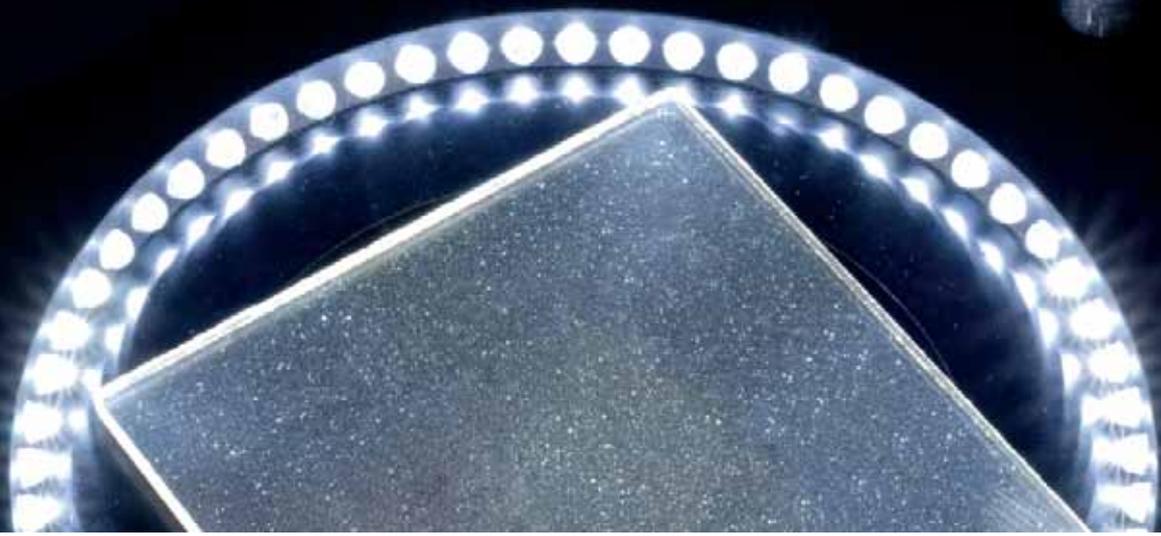
Das Fraunhofer IPT hat für die Innolite GmbH eine Maschine entwickelt, die ohne Ausrichten der Fassung eine Zentrierbearbeitung ermöglicht. Dazu misst zunächst ein Autokollimator der Trioptics GmbH die Absolutlage der optischen Achse in Bezug zur Drehachse der Werkstückspindel. Aus dem Messergebnis lässt sich in Verbindung mit den Maßen und Toleranzen der Fassung dann das Maschinenprogramm für die Unrundbearbeitung der Fassung berechnen. Da die optische Achse der Linse bei dem Vorgang nicht kollinear zur Spindelachse ist, führt das Werkzeug minimale Ausweichbewegungen aus und gleicht so die Verschiebung und Verkippung der optischen Achse während des Drehprozesses aus. Diese Mikrobewegungen erlauben eine Zentrier-

The results were demonstrated on the example of a street lighting system. The lamps, featuring customized optics, were able to meet the required lighting standards while consuming 50 percent less energy than conventional state-of-the-art technology. This would allow town councils to increase the distances between lamp posts and to reduce their repair and maintenance costs. The results of the projects can also be applied to other applications of technical lighting systems provided the desired lighting behaviour of the lamps can be expressed in mere quantitative terms.

#### **Lathe centering of mounted lenses through non-circular machining**

The ability of complex objectives to represent objects and surfaces faithfully is largely determined by the positioning of their individual lenses. This is why inaccuracies – that may result from the careless application of putty or adhesives when the lenses are being mounted – must be corrected. Lathe centering performs such corrections by reworking the mounted frame, conventionally by inserting the frame into an adjustment device where the optical axis of the lens is, manually or automatically, aligned with the spindle axis of a turning lathe. The subsequent turning process aligns the mounted frame and the optical axis of the lens.

The Fraunhofer IPT has now developed a machine for Innolite GmbH that allows such a centering operation without any need for the alignment of the mounted frame. For this purpose, an autocollimator (made by Trioptics GmbH) establishes the absolute position of the optical axis in relation to the turning axis of the workpiece spindle before the engineers calculate the machine programme for the non-circular machining of the mounted frame, based on the results of the measurement and the dimensions as well as the tolerances of the frame. Since the optical axis of the lens is not colinear with the spindle axis while this process takes place, the tool will



bearbeitung auch bei nicht-zentriert aufgespannten Fassungen. Dadurch vereinfacht sich der Maschinenaufbau, denn die intelligente Steuerung fungiert gewissermaßen als »elektronisches Justierfutter«. Die Innolite GmbH hat den Prozess bereits so weit optimiert, dass diese Technologie nun weiteren Kunden angeboten wird. Die Anwendungen erstrecken sich dabei nicht nur auf hochwertige Consumer-Objektive, sondern auch auf Lithographie- und Mikroskop-Objektive.

#### **Automatisierte Defekterkennung in transparenten Materialien**

Materialfehler in transparenten Werkstoffen wie Glas, Polymeren oder Keramik können deren Klarheit erheblich beeinträchtigen. Optimierte Fertigungsprozesse fordern zur gezielten Prozesssteuerung daher eine zuverlässige Fehlererkennung sowie eine Rückkopplung der gesammelten Daten. Die automatisierte Fehlerdetektion anhand bildverarbeitender Systeme kann hier zum Ziel führen, erfordert aber individualisierte Spezialverfahren – je nach Prozessbedingungen und Fehlerausprägung. Das Fraunhofer IPT hat hierzu in enger Kooperation mit einem Industriepartner ein patentrechtlich geschütztes System zur automatisierten Defekterkennung in transparenten Keramiken entwickelt. Dieses System ist in der Lage, Volumen- und Oberflächendefekte bis zu einer Größe von 30 µm in einer Prüfzeit von wenigen Sekunden zu detektieren und auszuwerten. Zum Einsatz kommt dabei eine hochauflösende Zeilenkamera, die mit einer sehr dynamischen Linearachse submikrometergenau verfahren werden kann. Der hohen Bedeutung der Beleuchtung für die Aufnahmequalität entsprechend, wurde durch das Fraunhofer IPT zudem eine anwendungsspezifische Dunkelfeldbeleuchtung mit Hochleistungs-LEDs entwickelt, um optimale Bildergebnisse erzielen zu können. Eine individuell für das System entwickelte Software wertet so das gewonnene Rohbild in einem mehrstufigen Prozess aus und stellt alle gefundenen Fehler mit ihren Abmessungen tabellarisch und grafisch dar.

perform certain small evasive movements, compensating for any shifts and angular changes of the optical axis during the turning process. These micro-movements make it possible to perform a centering operation also for non-centered mounted frames, facilitating the configuration of the machine since the intelligent control system acts as some kind of "electronic adjustment device". Innolite GmbH, a spin-off company of the Fraunhofer IPT, has already optimized the process to the point where the technology has been made available to other customers. Possible applications go beyond high-value consumer products and include lithography and microscope objectives.

#### **Automatic detection of defects in transparent materials**

Flaws and defects in materials such as glass, polymers and ceramics can adversely affect their transparency. This is why the process control systems of optimized manufacturing processes must provide a reliable defect detection function and a feedback provision for all recorded data. An automatic, imaging-system-based error detection function can deliver this, but tends to require individually customized technology – depending on the conditions and the nature of the defects that need to be detected. The Fraunhofer IPT and an industry partner have jointly developed a patent-registered automatic defect detection system for transparent ceramics. This system is capable of detecting and evaluating volume and surface defects in sizes of down to 30 µm in just a few seconds. For this purpose, the system uses a high resolution line scan camera that is controlled through a very dynamic linear axis with accuracies in the sub-micrometer range. Bearing in mind the importance that proper lighting has for the picture quality, the Fraunhofer IPT also developed a customized dark field illumination system with high-performance LEDs. A customized software evaluates the raw picture material across several process stages before representing all detected flaws and defects – also indicating their respective sizes – in a table and a diagram.

# INTEGRIERTE MECHATRONISCHE SYSTEME

## INTEGRATED MECHATRONICAL SYSTEMS

Produkte des Maschinenbaus und vieler weiterer Branchen beruhen immer öfter auf dem engen Zusammenspiel von Mechanik, Elektrik/Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik – zusammengefasst unter dem Begriff Mechatronik. Die steigenden Anforderungen hinsichtlich Miniaturisierung, Funktionsintegration, Zuverlässigkeit und Design, aber auch die wachsende Komplexität der Produkte fordern eine spezialisierte Verkettung von Fertigungstechnologien und häufig auch eine integrative Entwicklung von Produkten und Produktionssystemen.

Das Fraunhofer IPT und seine Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik stehen mit dem neu gegründeten Geschäftsfeld »Integrierte mechatronische Systeme« hinter diesem ganzheitlichen Entwicklungsansatz: Mit einem systematischen Vorgehen unterstützen wir unsere Kunden bei der Entwicklung solcher Systeme – sowohl in einzelnen Projektphasen als auch während der gesamten Projektabwicklung bis zum Serienanlauf.

### Unsere Leistungen

- Integrative Konzeption von Produkt und Produktionssystem, Systemanalyse und Projektmanagement
- Auslegung, Berechnung, Modellierung, Simulation und Konstruktion, Steuerungs- und Regelungstechnik
- Fertigungstechnologien und -messtechnik, Präzisionsmontage, Molded Interconnect Devices (MID), Qualitätssicherung

### Kontakt/Contact

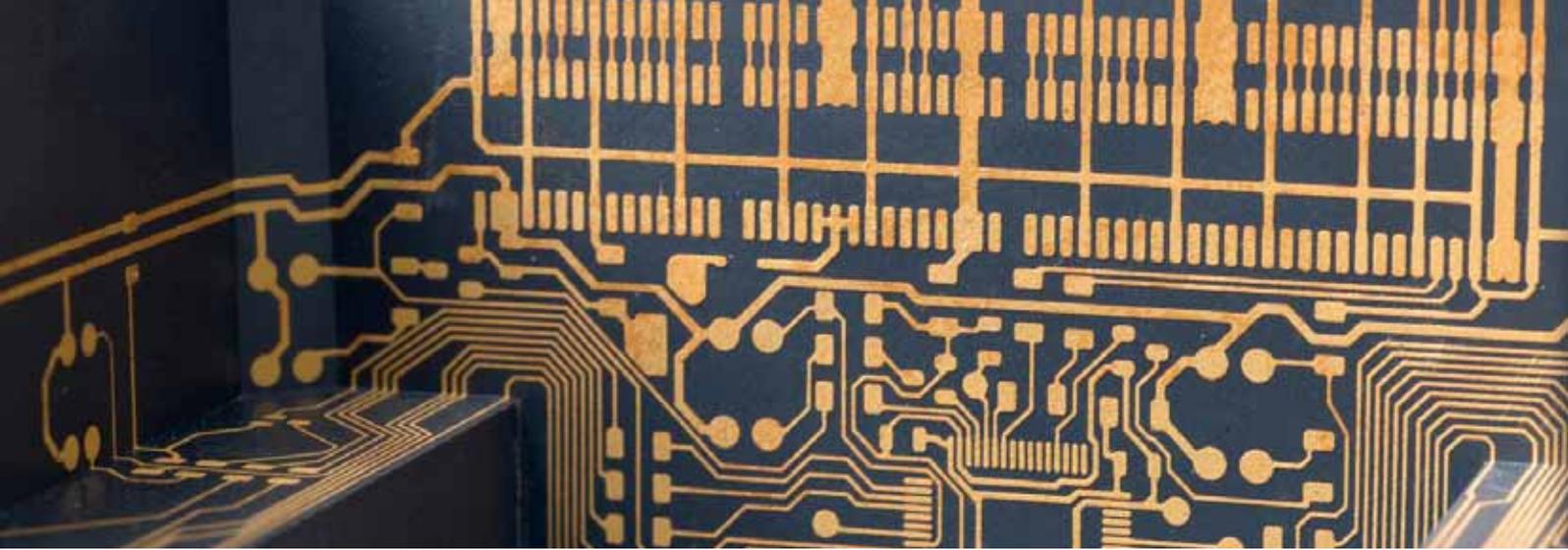
Dipl.-Ing. Michel Klatte M.Sc.  
Telefon/Phone +49 241 8904-321  
michel.klatte@ipt.fraunhofer.de

Heavy engineering goods and the products from many other industries have come to depend, with increasing frequency, on the close interaction of mechanics, electrics or electronics, control technology and sophisticated software – what has been conveniently summarized under the term mechatronics. Increasing demands on miniaturization, functional integration, reliability and design have, in conjunction with the growing complexity of the products, required a customized interlinking of manufacturing technologies as well as, frequently, the integrated development of products and production systems.

The Fraunhofer IPT and its project group on Mechatronic Systems Design are supporting this new, integrated development strategy with the newly established business unit for "Integrated Mechatronic Systems": using a systematic approach, we assist our customers in their development of such systems, in individual project stages as well as the entire project management to the point where these systems are ready to enter a mass manufacturing environment.

### Our services

- Integrated design of products and production systems, system analysis and project management
- Design, calculation, prototyping, simulation and construction, control technology
- Manufacturing technologies and metrology, precision assembly, Molded Interconnect Devices (MID), quality assurance



### Integration von Mechanik und Elektronik durch MID

Hohe Funktionsdichte auf kleinem Bauraum und die damit einhergehende Miniaturisierung sind wichtige Erfolgsfaktoren für mechatronische Baugruppen. Oftmals entscheiden aber nicht nur technische Faktoren, sondern auch die visuelle Wahrnehmung über Erfolg oder Misserfolg eines Produkts am Markt. Ein Beispiel, wie diesen unterschiedlichen Anforderungen Rechnung getragen werden kann, liefert die Technologie der so genannten Molded Interconnect Devices (MID). Sie eröffnet dem Design multifunktionaler Schaltungsträger den Weg in die dritte Dimension. 3D-MID-Teile sind räumliche Spritzgussteile, deren Oberflächen selektiv metallisiert werden. Dadurch können Leiterbahnen, Antennen oder Sensoren direkt auf einen räumlichen Schaltungsträger aufgebracht werden. Mechanische Befestigungselemente oder Versteifungen lassen sich ebenso in die Form des Kunststoffteils integrieren wie optische, fluidische oder thermische Funktionen. Das Ergebnis sind hochintegrierte mechatronische Komponenten, die sonst nur mit erheblichem Aufwand hergestellt werden können.

Die wachsende Anzahl von MID-Anwendungen belegt die Serienreife der Technologie. Dennoch wird der Nutzen oftmals nicht oder nur ungenügend wahrgenommen. Im Geschäftsfeld »Integrierte mechatronische Systeme« arbeitet das Fraunhofer IPT daran, die Optimierungspotenziale für das Produktportfolio seiner Projektpartner durch MID systematisch aufzudecken und auszuschöpfen. Um die Vielzahl an elektronischen, mechanischen und thermischen Wechselwirkungen sowie die Abhängigkeiten von den einzusetzenden Materialien und dem Herstellungsprozess korrekt abzuschätzen sind außerdem funktionale Prototypen gefragt. Mit dem Geschäftsfeld »Integrierte Mechatronische Systeme« hat das Fraunhofer IPT eine Anlaufstelle für Unternehmen geschaffen, um diese bereits frühzeitig bei der Entwicklung und Umsetzung von MID zu unterstützen – von der Konzeption bis zur Fertigung im eigenen MID-Lab des Instituts.

### Integration of mechanics and electronics through MID

Sophisticated mechatronic assemblies have to deliver ever higher levels of functional density and miniaturization. Technology, however, is not the sole factor that determines whether or not a product will find its market: an attractive design can be just as important. One method of reconciling these often conflicting demands is the application of so-called Molded Interconnect Devices (MID) technology – which provides the designers of multi-functional circuit carriers with a path into the third dimension. 3D MID components are injection-molded, and their surfaces are selectively metallized. This allows the engineers to apply conductor tracks, antennae or sensors directly on to a three-dimensional circuit carrier. Mechanical fastening elements and braces can be as easily integrated into the mold of the plastic component as optical, fluidic and thermal functions, resulting in the production of highly integrated mechatronic components that would normally require a far more time-consuming manufacturing process.

The growing number of MID applications provides evidence for the sophistication of the technology. It is in principle ready to be used in large-scale industrial environments, but still largely neglected. In the business unit "Integrated Mechatronic Systems", the Fraunhofer IPT is currently exploring the MID optimization potentials and seeking to help its project partners exploiting these potentials for the benefit of their own product portfolios. Functional prototypes are required so the large number of electronic, mechanical and thermal interactions as well as the specific process technology requirements of certain materials can be properly assessed. The business unit "Integrated Mechatronic Systems" provides corporations with a first point of contact – and allows the Fraunhofer IPT to assist these corporations at an early stage in the development of MID, from the design to the manufacturing in the Institute's dedicated MID laboratories.

# LIFE SCIENCES ENGINEERING

Das Geschäftsfeld »Life Sciences Engineering« zeichnet sich durch ein hohes Maß an Interdisziplinarität aus und verbindet Fragen aus der Medizintechnik und Biotechnologie mit technischen Lösungsansätzen. Durch die fachübergreifende Zusammenarbeit zwischen Biotechnologen, Medizinern und Ingenieuren entstehen zukunftsweisende und produktionstechnologisch umsetzbare Konzepte. Wir – das Fraunhofer CMI und das Fraunhofer IPT – bieten unseren Kunden eine integrierte Produkt- und Prozessentwicklung für komplexe Bearbeitungsaufgaben und Handhabungsabläufe aus dem vielschichtigen Bereich der Life Sciences. Neben der Automatisierung biotechnologischer Prozesse sind die molekulare Diagnostik und die Entwicklung medizintechnischer Produkte unsere Spezialität.

## Unsere Leistungen

- Automatisierung komplexer biotechnologischer Laborprozesse im Bereich Tissue Engineering, Stammzellbiologie und Pflanzenbiotechnologie
- Lab-on-a-Chip-Systeme und Detektionsgeräte
- Hochsensitive Verfahren zur molekularen Diagnostik
- Verfahren zur tomografischen Bildgebung mittels optischer Kohärenztomografie
- Faseroptische Sensoren und Sondenbau zur Diagnostik
- Konstruktion und Fertigung medizinischer Instrumente für die minimalinvasive Chirurgie
- Technologieauswahl zur Bearbeitung und Mikrostrukturierung von Biomaterialien
- Projektmanagement und Verwertungsstrategien

## Kontakt

Dipl.-Phys. Ulrich Marx  
Telefon +49 241 8904-418  
ulrich.marx@ipt.fraunhofer.de

The business unit "Life Sciences Engineering" combines the skills of people from many different disciplines and opens up issues of medical technology and biotechnology to engineering solutions. The cross-departmental approach of bringing together biotechnology experts, medical scientists and engineers generates groundbreaking and at the same time practically useful concepts for an industrial environment. We – the Fraunhofer CMI and the Fraunhofer IPT – provide our clients with integrated product and process development services for complex processing tasks and handling sequences from the many different areas within the "life sciences". In particular, we have specialized on the automation of biotechnological processes, molecular diagnostics and the development of medical technology products.

## Our services

- Automation of complex biotechnological lab processes in tissue engineering, stem cell biology and plant biotechnology
- Lab-on-a-chip systems and detection equipment
- Highly sensitive procedures in molecular diagnostics
- Tomographical imaging techniques through optical coherence tomography
- Fiber-optic sensors and the construction of probes for diagnostic purposes
- Construction and manufacturing of medical instruments for minimally invasive surgeries
- Technology selection for the processing and microstructuring of biomaterials
- Project management and recycling strategies

## Contact

Alexis Sauer-Budge, Ph.D  
Phone +1 617 353 1888  
asauerbudge@ipt.fraunhofer.org



Der Markt für die Automatisierung biotechnologischer Laborprozesse wächst heute mehr denn je. Dies gilt nicht mehr nur für einzelne Labor- und Analysegeräte, sondern immer öfter auch für komplexe Produktionsanlagen, die biotechnologische Arbeitsabläufe verketteten und automatisiert abbilden. Die Automatisierung erhöht den Durchsatz, die Reproduzierbarkeit sowie die Prozessstabilität und eröffnet darüber hinaus Wege zu einer kontinuierlichen Prozessüberwachung. All diese Aspekte sind für eine erfolgreiche industrielle Produktion biotechnologischer Produkte von großer Bedeutung. Im Geschäftsfeld »Life Sciences Engineering« arbeiten das Fraunhofer IPT und das Fraunhofer CMI in Boston gemeinsam an der Automatisierung komplexer biotechnologischer Prozesse. Das Fraunhofer IPT entwickelt innerhalb der hauseigenen Laborumgebung neue automatisierbare Prozessschritte, setzt sie anhand spezialisierter Funktionsprototypen um und testet diese im biotechnologischen Einsatz. Für den Aufbau der vollautomatisierten Produktionsanlagen werden die individuellen Funktionseinheiten in eine automatisierte und sterile Anlagenumgebung integriert und miteinander im Prozess verkettet.

#### **Automatisierte Produktion von Stammzellen**

Ziel des Projekts »StemCellFactory« (Förderkennzeichen 005-1007-0023) ist die automatisierte Herstellung, Vermehrung und Differenzierung induzierter pluripotenter Stammzellen, mit denen sich neue Medikamente für Erkrankungen des Nervensystems oder des Herzens erforschen lassen. Zu ihrer Herstellung werden im Projekt »StemCellFactory« adulte, also »erwachsene« Körperzellen durch ein spezielles Verfahren der Reprogrammierung in den Zustand von embryonalen Stammzellen zurückversetzt. Aufgrund des hohen Grades an komplexen Handhabungsschritten existiert bisher kein industrieller Prozess, der den Bedarf an humanen, stammzellbasierten Zellprodukten zur Erforschung neuer Wirkstoffe zufriedenstellend bedient. Für die Automatisierung des manuell sehr aufwändigen und langwierigen Laborprozesses

The market for products that enable the automation of biotechnology lab processes is growing at a faster rate than ever before – and the products that benefit from this trend increasingly include complex production facilities that interlink and automate biotechnological sequences rather than individual devices for laboratory analyses. Automation increases throughput and improves reproducibility as well as reliability while making a key step towards a continuous process monitoring system. All these aspects are of substantial relevance for a successful industrial system of manufacturing biotechnology products. The business unit "Life Sciences Engineering" unites the Fraunhofer IPT and the Boston-based Fraunhofer CMI in an effort to automate complex biotechnological processes. In its domestic laboratory environment, the Fraunhofer IPT is developing new automatic process steps, applies them to special functional prototypes and then proceeds to test them in an industrial biotechnology environment. In order to build up fully automatic production systems, the individual functional units are integrated into an automatic and sterile facility and interlinked in process chains.

#### **Automatic stem cell production**

The "StemCellFactory" project (contract number 005-1007-0023) aims to enable the automatic production, propagation and differentiation of induced pluripotent stem cells as the basis for further research into new drugs that combat illnesses of the nervous and cardiovascular systems. For this purpose, the "StemCellFactory" project returns adult body cells into a state of embryo stem cells, using a special reprogramming technique. Due to the large number of complex handling operations, no industrial process has so far been developed that appears to meet the demand for human stem-cell-based cell products in the research for new active agents in a satisfactory manner. In order to automate the time-consuming and lengthy laboratory process, the Fraunhofer IPT has analyzed all biological processes including the isolation of skin cells and bone

untersuchte das Fraunhofer IPT alle biologischen Prozesse von der Zellisolation aus Haut und Knochenmark über die Kultivierung, Reprogrammierung und Selektion der pluripotenten Stammzellklone bis hin zur Differenzierung in Vorläuferzellen von Nervenzellen. Nachdem anlagentaugliche Prozessabläufe festgelegt waren, entwickelte das Fraunhofer IPT ein modulares Anlagenkonzept und setzte dieses in einem 3D-Modell um. Nun wird die Anlage aus den verschiedenen Teilkomponenten aufgebaut und ab Mitte des Jahres 2013 in Betrieb genommen. Neben den beiden Koordinatoren der RWTH Aachen und der Life & Brain GmbH in Bonn sind die Universität Bonn, das Max-Planck-Institut für molekulare Biomedizin in Münster sowie die Bayer Technology Services GmbH und die Hitec Zang GmbH als Projektpartner beteiligt. Das Land Nordrhein-Westfalen fördert das Projekt seit Ende 2010 für insgesamt drei Jahre.

#### **Designplattform zur kostengünstigen Herstellung mehrschichtiger Mikro-Nano-Biosysteme**

Mikrofluidische Systeme und so genannte »Lab-on-chip«-Systeme sind Technologien mit großem Wachstumspotenzial. Und sie besitzen das Potenzial, Analyseprozesse auf zellulärer und chemischer Ebene sowie zu diagnostischen Zwecken deutlich zu verbessern. Doch bisher fehlte es noch an entsprechenden Fertigungsmethoden für Lab-on-Chip-Systemen im industriellen Maßstab. Außerdem waren viele mikrofluidische Elemente nur wenig kompatibel mit marktüblicher Laboraus-rüstung. Eine integrierte Fertigungsplattform, die ein flexibles und kostengünstiges Design erlaubt, existierte bisher nicht. Nun hat sich ein internationales Konsortium zusammengefunden, um passende Fertigungsverfahren für mehrschichtige Mikro-Nano-Biosysteme zu entwickeln. Mitglieder sind neben dem Fraunhofer IPT das Spin-off Polyscale GmbH & Co. KG sowie je zwei Industriepartner aus Deutschland, Finnland, Spanien und Großbritannien sowie je ein Unternehmen aus Frankreich und Italien. Das Projekt wird mit 7,69 Mio. € bis Herbst 2016 innerhalb des 7. Rahmenprogramms der Europäi-

marrow cells, the cultivation, reprogramming and selection of the pluripotent stem cell clones and the differentiation into the progenitor cells of nerve cells. Once process sequences had been identified that were suitable for the facility, the Fraunhofer IPT developed a modular facility concept and built a 3D-model. Currently, the individual components are being assembled, and the entire facility will be operative by mid 2013. In addition to the two coordinating institutions, the RWTH Aachen University and Life & Brain GmbH (Bonn), the project also has four other partners: the University of Bonn, the Max Planck Institute for Molecular Biomedicine in Münster, Bayer Technology Services GmbH and Hitec Zang GmbH. The federal state of North Rhine Westphalia has been supporting the project since late 2010 under a three-year agreement.

#### **Design platform for the low-cost production of multi-layer micro-nano-biosystems**

Microfluidic systems and so-called "lab-on-chip" applications have tremendous growth potentials and may substantially improve diagnostic and analytic processes on a cellular or chemical level. Until recently, however, there has been no large-scale, industrial manufacturing process for lab-on-chip systems. On top of that, many microfluidic elements were insufficiently compatible with commercially available laboratory accessories. No integrated manufacturing platform existed that could have provided the basis for flexible and cost-efficient designs. That was before an international consortium was established to develop manufacturing methods for multi-layer micro-nano biosystems. The consortium comprises the Fraunhofer IPT and its spin-off Polyscale GmbH & Co. KG as well as two industrial corporations each from Germany, Finland, Spain and the UK as well as one partner organization each from France and Italy. Under the 7<sup>th</sup> Framework Programme of the European Union, the project will receive a total of 7.69 million euros until the autumn of 2016. It is expected that the first samples of the newly developed systems will be presented in late 2014.



schen Union gefördert. Erste Beispiele für die neu entwickelten Systeme sollen Ende 2014 vorgestellt werden.

### **Einzelmolekülanalyse von Proteinen**

Neueste Sequenzierungsmethoden versprechen eine Vielzahl an Informationen über das menschliche Genom. Doch nicht alle Abschnitte des Genoms werden tatsächlich in Proteine übersetzt, so dass es wichtig ist, die Zusammenhänge zwischen diesen Abschnitten zu verstehen. Nachdem nun das Human Genome Project beendet und kostengünstige Sequenzierung in greifbare Nähe gerückt ist, besteht ein großer Bedarf an Technologien mit einem höheren Durchsatz, um Proteome auf dem Level einzelner Moleküle zu analysieren. Das erfordert jedoch parallel arbeitende Verfahren, die skalierbar und preisgünstig sind. Um diese technologischen Hürden zu überwinden, entwickelt das Fraunhofer CMI ein Array an Nanoporen-Sensoren auf Halbleiterbasis, mit dem sich der Durchsatz bei der Untersuchung einzelner Moleküle in Lösung deutlich erhöhen lässt. Das Konzept basiert dabei auf FET-Sensoren und dem Einsatz eines mikrofluidischen Systems. Im Jahr 2012 empfing das Fraunhofer CMI für diesen Ansatz Anerkennung durch Fördermittel der United States National Science Foundation, um die neue Technologie in den kommenden drei Jahren zu entwickeln.

### **Optische Pinzetten**

Optische Pinzetten können für berührungslose Manipulationen auf kleinsten Skalen eingesetzt werden. Allgemein können durch den Strahlungsdruck von fokussiertem Licht Kräfte auf einer Nanoskala erzielt werden, die für unterschiedliche Zwecke nützlich sind. Optische Pinzetten finden bereits vielfältige Anwendungsgebiete im Bereich der biomedizinischen Physik, etwa beim Einfangen, Manipulieren und Bewegen mikrometergroßer biologischer Proben und Zellen oder bei der Detektion von Einzelmolekülen und ihrer selektiven, dreidimensionalen Platzierung. Ziel des Projekts »HoloTwee«,

### **Single Molecule Protein Analytics**

Next-generation sequencing is providing a wealth of information about the human genome. However, not all proteins in the genome are actually expressed, so the importance of understanding the biological interactions of such proteins is becoming increasingly important. With the human genome project completed and low cost sequencing on the horizon, a need exists for higher throughput technologies to study the proteome at the single molecule level. This will require parallel methods that are scalable and affordable. To address these technological shortcomings, the Fraunhofer CMI is developing a semiconductor nanopore sensor array technology that will enable the high-throughput study of single molecules in solution. It is based on a novel design of integrated FET sensors and microfluidics. In 2012, the Fraunhofer CMI received a prestigious award from the United States National Science Foundation to develop this technology over three years.

### **Optical tweezers**

Optical tweezers can be used for non-contact manipulations on the smallest of possible scales. In general, the radiation pressure of focused light can generate forces on the nanoscale that may then be used for a variety of purposes. Optical tweezers are already being used for a wide range of applications in biomedical physics, for example to collect, manipulate and move biological samples or cells in the micrometer dimension, also to detect single molecules and to position them selectively in a three-dimensional space. The "HoloTwee" project, which is sponsored by the Fraunhofer-Gesellschaft under its "SME-Oriented Research" program, aims to develop these holographic optical tweezers to the point where they are capable of simultaneously generating many stable so-called "optical traps" in dynamic configurations. The project will also use quantitative phase contrast microscopy to develop and expand the technology. This type of microscopy can be applied simultaneously and is also based on the principle of

das die Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen der »Mittelstandsorientierten Eigenforschung (MEF)« fördert, ist die Weiterentwicklung dieser holographischen optischen Pinzetten, um gleichzeitig viele stabile so genannte »optische Fallen« dynamisch konfigurierbar zu generieren. Die Technologie wird im Projekt durch die quantitative Phasenkontrastmikroskopie erweitert. Diese lässt sich simultan nutzen und beruht ebenfalls auf einem holographischen Prinzip. Es wird also nicht nur die Intensitätsverteilung einer Lichtwelle, sondern deren komplexes elektromagnetisches Spektrum berücksichtigt und manipuliert. Die konfigurierbare Fokusverteilung eignet sich auch für dreidimensionale lithographische Verfahren.

### **Optische Kohärenztomographie für das Tissue Engineering**

Bei vielen Messaufgaben zur Qualitätssicherung werden lichtdurchlässige Schichtstrukturen in ihren Querschnitten auf Formabweichungen oder Defekte geprüft. Für zerstörende Prüfverfahren müssen aufwändig Schnitte angefertigt und mit bildgebenden Verfahren wie der Mikroskopie charakterisiert werden. Zerstörungsfreie Prüfverfahren wie die Sonografie oder die Computertomografie stoßen bei dünnen Schichten und feinen Strukturen an ihre Auflösungsgrenzen, so dass Details im Mikrometerbereich nicht dargestellt werden können. Außerdem sind häufig Mehrfachschnitte gefragt, um Fluktuationen in der Probe erkennen zu können.

Das Fraunhofer IPT setzt deshalb die Optische Kohärenztomografie (OCT) ein, um berührungslos und zerstörungsfrei Aufnahmen von Querschnittsbildern lichtdurchlässiger Materialien zu gewinnen. Durch den Einsatz nahinfraroter Spektren lassen sich Eindringtiefen bis zu drei Millimetern erzielen. Durch den geringen Energieeintrag in das Messobjekt hat sich diese Technologie schon vor vielen Jahren im medizintechnischen Bereich etabliert und dient dort zur frühzeitigen Diagnose,

holography. This means that the intensity distribution of the light waves will be analyzed and manipulated, but so will their complex electromagnetic range. The configurable focus distribution is also suitable for 3D-lithography technique.

### **Optical coherence tomography in tissue engineering**

Many quality assurance measurements work by scanning cross-sections of transparent layer structures for any shape deviations and other defects. Destructive tests, however, require time-consuming cuts and a thorough characterization through imaging techniques such as microscopy, while non-destructive test strategies such as sonography and computer tomography generally fail to deliver the levels of resolution that are necessary to represent details of thin layers and fine structures in the micrometer range. On top of that, several cross-section cuts are often necessary to detect fluctuations in any given sample.

This is why the Fraunhofer IPT is using Optical Coherence Tomography (OCT) to represent the cross-sections of transparent materials in non-contact and non-destructive test procedures. Near-infrared spectrometry delivers penetration depths of up to three millimeters. Since the technology requires only a small amount of energy to be applied to the measured object, it has been already been used for many years in medicine, specifically for early diagnoses in ophthalmology and dermatology. Tissue engineering products have meanwhile become more and more important for applications in biotechnology and regenerative medicine. The Fraunhofer IPT has developed a fully automatic OCT system for the production of artificial skin models that allows assessing the quality once the growth stage has been fully completed. The system automatically assesses topography, homogeneity and the development of defects in order to detect imperfect skin models.



besonders in der Augenheilkunde und Dermatologie. Auch Produkte aus der Gewebeproduktion, dem Tissue Engineering, werden seit einigen Jahren für die Biotechnologie und die regenerative Medizin immer wichtiger. Für die automatische Produktion künstlicher Hautmodelle hat das Fraunhofer IPT ein voll automatisiertes OCT-System entwickelt, mit dem sich die Qualität nach vollständigem Wachstum charakterisieren lässt. Dabei werden Topografie, Homogenität und Bildung von Defekten automatisch analysiert, um fehlerhafte Hautmodelle zu erkennen.

#### **MRT-sichere Führungsdrähte aus Faserverbundkunststoffen**

Minimalinvasive Eingriffe an Blutgefäßen finden heute zumeist noch unter permanenter Röntgenkontrolle statt und erfordern den Einsatz von Kontrastmitteln im Gefäßsystem. Die Operationsinstrumente werden dabei mithilfe von Führungsdrähten positioniert. Ziel des Projekts »MiGi – Multifunctional Image Guided Intervention« ist es nun, flexible Fertigungstechnologien zu entwickeln, um Führungsdrähte aus Faserverbundkunststoffen herzustellen, die sich im Magnetresonanztomografen einsetzen lassen, der ohne die schädigende Röntgenstrahlung auskommt. Das Fraunhofer IPT nutzt hier das so genannte Mikro-Pullwinding-Verfahren, mit dem sich Profile aus Faserverbundkunststoffen – frei von metallischen Werkstoffen – mit Durchmessern von wenigen hundert Mikrometern und gezielt eingestellten Biege- und Torsionssteifigkeiten herstellen lassen. Zusätzliche Montage- und Bearbeitungsschritte zum Erhalt einer biegeweichen Spitze sind nicht erforderlich, da dies im neuen Verfahren bereits berücksichtigt ist.

#### **MRI-compatible guidewires from fiber-reinforced plastic**

Minimally invasive interventions into the cardiovascular system are currently performed under permanent X-ray supervision and therefore require the use of contrasting agents while the surgical instruments are being positioned with the help of guidewires. The "MiGi – Multifunctional Image Guided Intervention" project aims to develop flexible manufacturing technologies for guidewires made from fiber-reinforced plastics that can be used in MRI facilities which do not operate with hazardous X-rays. For this purpose, the Fraunhofer IPT is using the so-called micro-pullwinding technique where fiber-reinforced plastic profiles – which do not contain any metal ingredients – can be manufactured with diameters of a few hundred micrometers and precisely defined levels of flexibility and torsional stiffness. No additional assembly and processing steps to preserve a flexible tip will be required since the new technique is already taking this requirement into account.

**UNSERE KOMPETENZEN**  
OUR COMPETENCIES



Grundlage für den Erfolg des Fraunhofer IPT ist das Kompetenzspektrum in unseren Fachbereichen. Hier konzentrieren wir unsere Forschungsarbeit und entwickeln Produktionstechnologien weiter.

Wir fördern und betreiben anwendungsorientierte Forschung, setzen Forschungsergebnisse in die Praxis um, beraten mit Relevanz und Wirkung zum unmittelbaren Nutzen für die Industrie und leisten dadurch einen wichtigen Beitrag zu deren Wettbewerbsfähigkeit.

Unseren Kunden bieten wir eine große Vielfalt an technologischen Produkten sowie individuelle Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen aus allen Bereichen der Produktionstechnik.

The basis of the Fraunhofer IPT's success is the widespread expertise in all our departments. Here we focus on our research activities and the further development of production technologies.

We conduct applied research, implement our results in an industrial context, and provide relevant and effective consulting services for the direct benefit of industry, thereby contributing significantly to the competitiveness of companies.

We offer a large variety of technological products and individual R&D services in all areas of production technology to our customers.

**66 Lasermaterialbearbeitung**  
Laser Material Processing

**70 Hochleistungszerspanung**  
High Performance Cutting

**74 CAx-Technologien**  
CAx Technologies

**78 Feinbearbeitung und Optik**  
Fine Machining and Optics

**82 Präzisions- und Sondermaschinen**  
Precision and Special Purpose Machines

**86 Faserverbund- und Lasersystemtechnik**  
Fiber-Reinforced Plastics and Laser System Technology

**90 Produktionsmesstechnik**  
Production Metrology

**94 Produktionsqualität**  
Production Quality

**98 Technologiemanagement**  
Technology Management

# LASERMATERIALBEARBEITUNG

## LASER MATERIAL PROCESSING

In der Abteilung »Lasermaterialbearbeitung« entwickeln und qualifizieren wir Prozesse, um das Werkzeug Laserstrahlung in Wertschöpfungsketten effizient zu nutzen.

Zur Herstellung geometrisch komplexer Produkte aus metallischen Werkstoffen entwickeln wir Laserstrahlfügetechnologien und überführen sie in die industrielle Fertigung. Für die Tribologie, den Formenbau oder die Bionik stellen wir durch Laserstrahlstrukturieren hochpräzise 3D-Strukturen her.

Für schwer zu bearbeitende Werkstoffe entwickeln wir hybride Bearbeitungstechnologien, die durch Prozessintegration eine Komplettbearbeitung komplex geformter Bauteile erlauben. Die Laseroberflächenbehandlung mit 5-achsigen Bearbeitungszentren erlaubt es, die Lebensdauer hochbelasteter Bauteile und Formen deutlich zu verlängern, ihr Einsatzverhalten zu verbessern und die Bauteile zu reparieren.

### Unsere Leistungen

- Laserstrahlstrukturieren von 3D-Oberflächen
- Laserstrahlfügetechnologien für Sonderanwendungen
- Lasertrahlunterstützte Umformung und Zerspanung
- Laseroberflächenbehandlung für den Verschleißschutz
- Reparatur von Bauteilen und Werkzeugen
- Bearbeitung schwer zerspanbarer und sprödharter Werkstoffe
- Individuelle Gestaltung von Design und Funktionalität von Oberflächen

### Kontakt/Contact

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

The department for "Laser Material Processing" develops and validates processes that enable us to integrate laser radiation as an effective and efficient tool into the value chain.

We develop laser beam joining technologies to the point where they are suitable for the industrial manufacturing of geometrically complex metal products. We use laser-beam structuring to produce high-precision 3D structures for applications in tribology, tool and die making and bionics.

For materials that are difficult to machine, we develop hybrid processing technologies that enable the complete machining of complex-shaped components through process integration. The laser surface treatment on 5-axis-machining centers make it possible to significantly extend the technical life of components and dies that are subjected to high levels of stress, to improve their technical properties and to repair the components in question.

### Our services

- Laser beam structuring of 3D surfaces
- Laser beam joining technologies for customized applications
- Laser beam assisted forming and machining
- Anti-wear laser surface treatments
- Optimization of the anti-wear and anti-corrosion properties of tools and components
- Repairs of components and tools
- Machining of materials that are hard, brittle and difficult to machine
- Customized design of surface function and structure



### **Bionische Oberflächen für technische Anwendungen durch Laserstrahlstrukturierung**

Die Struktureigenschaften von Echsenhaut auf technische Bauteile zu übertragen und damit die Benetzung mit Schmierstoffen und anderen Fluiden zu verbessern ist Ziel des BMBF-geförderten VIP-Projekts »BioLas.exe« (Förderkennzeichen 16V0352). Das dreijährige Projekt startete im November 2012 und wird in enger Kooperation mit dem Institut für Biologie II der RWTH Aachen durchgeführt.

Die gemeinsame Aufgabe ist es, die Schuppenstrukturen feuchtigkeitserntender Echsen zu untersuchen und diese durch Laserstrahlstrukturieren auf Bauteilen nachzubilden. Solche Oberflächen können beispielsweise auf Lagern, Wellen oder Dichtungsringen dazu dienen, Schmierstoffe oder Kühlmittel besser zu verteilen und dadurch Reibung oder Verschleiß zu verringern. Das Fraunhofer IPT setzt dafür eine selbst entwickelte Software ein, die die Strukturen digital auf die komplex geformten Oberflächen überträgt. Ein weiteres Entwicklungsziel, das im Projekt verfolgt werden soll, ist die eigenständige und »intelligente« Ausbreitung der Struktur über die komplette Oberfläche des Bauteilmodells.

### **Neues Verfahren zum Fügen von Stahl und Aluminium**

Im Leichtbau gewinnen Multimaterialbauweisen immer stärker an Bedeutung. Dabei werden verschiedene Werkstoffe innerhalb eines Gesamtsystems jeweils dort eingesetzt, wo ihre besonderen Eigenschaften die Anforderungen am besten erfüllen. Gegenüber einem Monomaterialsystem können die Gesamteigenschaften des Systems dadurch deutlich verbessert werden. Besonders Stahl- und Aluminiumwerkstoffe besitzen aufgrund ihrer unterschiedlichen Eigenschaftsprofile ein hohes Ergänzungspotenzial. Diese unterschiedlichen Eigenschaften führen jedoch dazu, dass auch das Fügen von Stahl und Aluminium besondere Herausforderungen mit sich bringt:

### **Bionic surfaces undergo laser-beam structuring for high-tech applications**

To give industrial components the structural properties of lizard skin in order to influence the way they distribute lubricants and other liquids – this is the objective of the VIP project "BioLas.exe", funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under contract number 16V0352. The three-year project has been conducted since November 2012 in close cooperation with the Institute for Biology II of the RWTH Aachen University.

The idea is to examine the scale skin structure of lizards in humid environments and to imitate it by structuring components accordingly with laser technology. Surfaces that have been structured in this way may serve to distribute lubricants or cooling agents more efficiently on bearings, shafts or sealing rings, reducing friction and wear. The Fraunhofer IPT has developed a customized software product for this purpose which is capable of transferring the structures digitally on to complex surface geometries. The project also aims to develop ways of extending such structures "intelligently" across the entire surface of a given component model.

### **New technique of joining steel and aluminium**

The importance of multi-material construction techniques in lightweight applications is rapidly increasing – it is obvious, after all, that a technique capable of matching different materials and their specific properties with the requirements of different elements of a larger system is superior to a technique that is restricted to the use of a single material throughout. Due to their distinct profiles and properties, steel-based and aluminium-based materials appear to provide a specifically good match. The same difference in properties, however, also creates problems. The joining of steel and aluminium, for example, is a particularly challenging task – when these two are

Beim thermischen Fügen dieser Werkstoffe können intermetallische Phasen entstehen, die aufgrund ihrer Sprödigkeit die Verbindungsfestigkeit beeinträchtigen.

Das Fraunhofer IPT hat deshalb ein neues Verfahren konzipiert, um dieser Herausforderung zu begegnen. Es basiert auf Forschungsergebnissen zum flussmittelfreien Laserstrahlhartlöten von Aluminium. Die Technologie erlaubt es, Aluminiumwerkstoffe bei besonders geringer Wärmeeinbringung zu fügen. Dies wird durch den kombinierten Einsatz gepulster und kontinuierlicher Laserstrahlung erreicht. So gelingt es, dem Wachstum intermetallischer Phasensäume beim Fügen von Stahl-Aluminium-Verbindungen entgegenzuwirken. In Vorversuchen wurden bereits sehr vielversprechende Ergebnisse erreicht. Ziel des BMBF-geförderten Forschungsprojekts »FerroPuls« (Förderkennzeichen 16V0203) ist es nun, die Praxistauglichkeit des Ansatzes nachzuweisen.

#### **Gezielter Verschleißschutz komplexer Werkzeuge und Formen durch automatisiertes Laserlegieren/-dispargieren**

Schmiede-, Aluminium- und Druckgießwerkzeuge, aber auch Tiefziehwerkzeuge unterliegen oft einem hohen abrasiven und adhäsiven Verschleiß. Um solche Werkzeuge effektiv zu schützen, bietet sich das Laserlegieren und -dispargieren als flexibles und effizientes Verfahren an. Dabei wird die Werkzeugoberfläche lokal aufgeschmolzen und verschiedene Zusatzwerkstoffe wie WC-Co-Cr, TiC oder VC werden pulverförmig in die Schmelze eingebracht. Die Partikel werden auch nach dem Erstarren in Lösung gehalten oder feindispers in den oberflächennahen Bereichen ausgeschieden. Sie verändern so die metallurgischen Eigenschaften der behandelten Zone.

Nachdem das Verfahren bereits erfolgreich bei der Behandlung von Schmiedegesenken eingesetzt wurde, erweitert das Fraunhofer IPT nun in verschiedenen Projekten das bearbeitbare Werkstoffspektrum. So soll nicht nur Oberflächenbehandlung

thermally joined, intermetallic phases can form and – through their brittleness – affect the stability of the bond.

The Fraunhofer IPT has now developed a new process to resolve this issue, based on research studies into the flux-free laser-beam brazing of aluminium. This technology makes it possible to join aluminium-based materials with relatively low levels of heat energy input. This is achieved by combining pulsed and continuous laser radiation, which inhibits the increase of intermetallic phase edges during the joining of steel-aluminium compounds. Early experiments have already generated some promising results. The research project "FerroPuls", funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under contract number 16V0203, now has the task of demonstrating the feasibility of the approach under industrial conditions.

#### **Wear protection of complex tools and dies through automatic laser alloys and laser dispersions**

Forging tools, aluminium tools and casting dies as well as deep-drawing tools are often subject to high levels of abrasive and adhesive wear. Laser alloys and laser dispersions provide flexible and efficient methods of protecting such tools, bringing the tool surfaces to melting point in specific locations before adding materials such as WC-Co-Cr, TiC, and VC powder to the molten metal. After the metal has re-solidified, the particles are suspended in the solution or finely dispersed in the layers nearest to the surface, changing the metallurgic properties of the relevant area.

After this technique has already been successfully applied in the treatment of forging dies, the Fraunhofer IPT is now extending the range of treatable materials across several projects. The objective is not only to optimize the surface treatment of hot-processing materials for forging and aluminium cast molding applications, but also to develop processes for cold-processing steel, cast materials and



von Warmarbeitswerkstoffen für Schmiede- oder Aluminiumdruckgussanwendungen optimiert werden, sondern es werden auch Prozesse für Anwendungen im Bereich der Kaltarbeitsstähle, Gusswerkstoffe und Aluminiumlegierungen entwickelt. Das Fraunhofer IPT setzt dabei auf verschiedene Anlagensysteme zur automatisierten Laserbehandlung, die mit einem eigens entwickelten CAM-Modul kombiniert werden, um die komplexen Oberflächen 5-achsig zu bearbeiten.

Innerhalb der Innovationsallianz »Green Carbody Technologies – InnoCaT« ist es ein Ziel, die Ressourceneffizienz entlang der gesamten Prozesskette der Karosseriefertigung zu erhöhen. Forschungspartner im Werkzeugbau sind namhafte Automobilzulieferer, Werkzeughersteller sowie die Volkswagen AG und die Audi AG. Hier entwickelt das Fraunhofer IPT 5-achsige Bearbeitungsstrategien, sowohl für das Laserlegieren/-dispersieren als auch für das Laserauftragschweißen, um die Aktivflächen von Tiefziehwerkzeugen lokal verschleißfester zu gestalten.

Ziel des Forschungsprojekts »InnoTool« ist es, die Lebensdauer von Aluminium-Prototypenwerkzeugen für die Kunststoffverarbeitung durch die Kombination zweier Laserverfahren deutlich zu verlängern. Der neue Ansatz kombiniert werkstofftechnischen Verschleißschutz durch Laserdispersieren mit der Einbringung von Mikrostrukturen, um so die Reibungseigenschaften der Formen zu verbessern.

aluminium alloys. For this purpose, the Fraunhofer IPT is employing different automatic laser treatment systems that are combined with a customized CAM module, making it possible to subject complex surfaces to a 5-axial treatment.

The Innovation Alliance "Green Carbody Technologies – InnoCaT" aims to increase resource efficiency along the entire process chain of car body manufacturing. Corporate partners in the tool manufacturing program include renowned suppliers of the automotive industry, tool manufacturers as well as Volkswagen AG and Audi AG. The Fraunhofer IPT is developing 5-axial processing strategies for laser alloy/laser dispersion technologies as well as for laser cladding, providing the active surfaces of deep-drawing tools with more effective local protection.

The "InnoTool" research project aims to increase the technical lives of aluminium prototype tools in plastics processing by combining two different laser techniques. The new approach combines the provision of wear protection with laser dispersion – applying micro-structures to the materials in need of treatment – in order to improve the friction properties of the dies.

# HOCHLEISTUNGSZERSPANUNG

## HIGH PERFORMANCE CUTTING

Die Abteilung »Hochleistungszerspanung« bietet anwendungsnahe Fertigungslösungen für Komponenten des Turbomaschinen-, Flugzeug- und Werkzeugbaus. Im Vordergrund stehen das simultane Mehrachsfräsen und das Drehen geometrisch anspruchsvoller Bauteile aus Superlegierungen, hochharten Stählen sowie Leichtbau- und Verbundmaterialien.

Umfassendes Technologiewissen, ausgeprägte Systemkompetenz und ein einzigartiger Maschinenpark bilden die Voraussetzung, um Forschungs- und Entwicklungsprojekte ganzheitlich und zielgerichtet zu bearbeiten – von der Entwicklung und Optimierung der Zerspanprozesse einschließlich der Werkzeuge und Spannvorrichtungen über die Technologie-Beratung bis hin zur Prototypenfertigung.

### Unsere Leistungen

- Zerspanbarkeitsanalysen und Werkzeugauslegung
- Prozess- und Systemmodellierung
- Anwendungsnahe Prozessauslegung
- Entwicklung von Spannvorrichtungen
- Prototypenfertigung und Beratung

### Kontakt/Contact

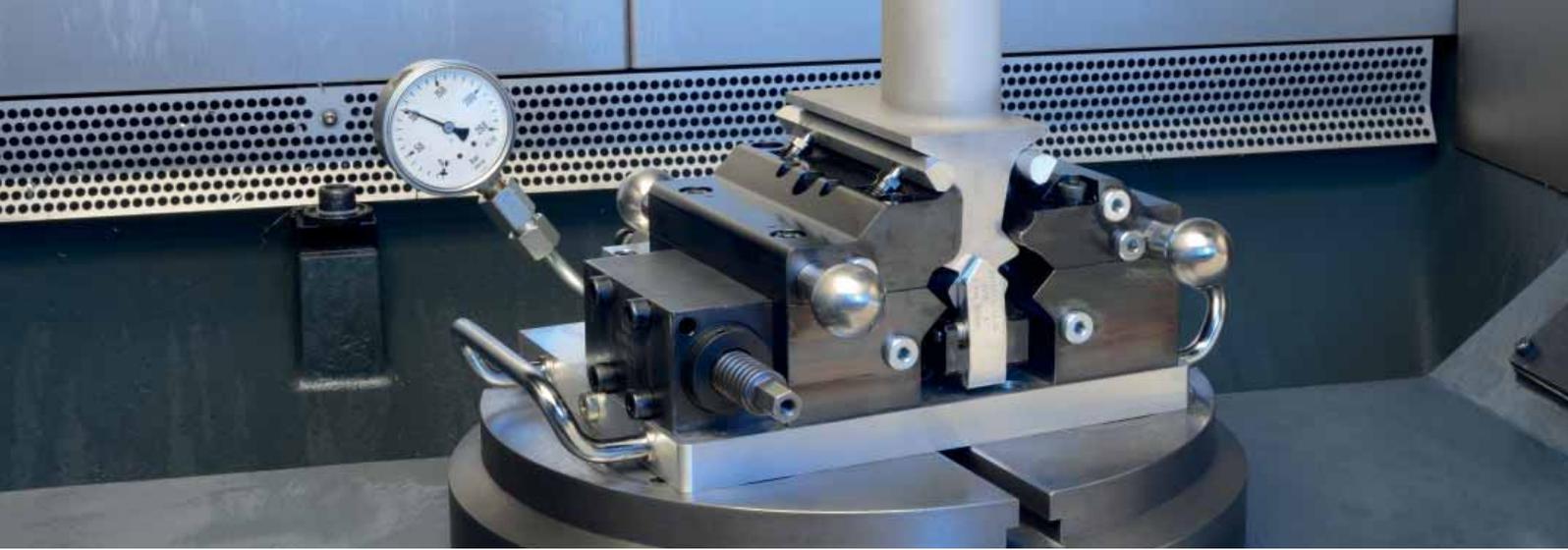
Dr.-Ing. Thomas Bergs  
Telefon/Phone +49 241 8904-105  
thomas.bergs@ipt.fraunhofer.de

The "High Performance Cutting" department provides practical manufacturing solutions for components used in the production of turbomachinery, aircraft and tools. The focus is on simultaneous multi-axis milling and the turning of geometrically complex components made from super alloys, highly strengthened steels and lightweight and composite materials.

A deep understanding of technology, expert skills in the operation of complex systems and a unique machine pool provide the basis for R&D projects in a comprehensive and targeted way – all the way from the design of the machining processes, including tool design and clamping techniques, via the provision of technological consultation services to the successful production of the first prototypes.

### Our services

- Machinability and tool design
- Process and system modeling
- Practice-oriented process design
- Design of clamping systems
- Consultancy and prototype manufacture



## Werkzeugtechnik

Die Bearbeitung hochleistungsfähiger Werkstoffe, beispielsweise für den Turbomaschinenbau, stellt hohe Anforderungen an die eingesetzte Werkzeugtechnik. So unterliegen die eingesetzten Werkzeuge bei der Zerspaltung hochwarmfester Werkstoffe wie NiCr19NbMo oder X6NiCrTi26-15 nicht nur hohen mechanischen, sondern auch komplexen thermischen Belastungen. Das Fraunhofer IPT hat es sich deshalb zum Ziel gesetzt das thermo-mechanische Lastkollektiv in der Zerspanzone detailliert zu analysieren und neue Wege zu finden, mit denen sich die Werkzeugstandzeiten verlängern lassen.

Zu diesem Zweck hat das Fraunhofer IPT im Jahr 2012 eine breit angelegte Studie über den Einsatz verschiedener Schneidstoffe durchgeführt. Neben der Qualifizierung verschiedener Substratmaterialien wurde auch der Einfluss unterschiedlicher Schneidkantengeometrien auf die entstehenden Zerspankräfte und die erzeugte Bauteiloberfläche untersucht. Ziel war es, ein tiefergehendes Verständnis der Vorgänge zu erlangen, die während des Zerspanvorgangs an der Werkzeugschneide ablaufen. Im europäischen Förderprojekt »QuickPro« (Förderkennzeichen FP7-262272) hat das Fraunhofer IPT anhand eines neu entwickelten Analogie-Fräsprüfstands den Einfluss der Schneidkantenverrundung und der Spanungsgeometrie auf die entstehenden Prozesskräfte untersucht.

Hier und im BMBF-geförderten und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreuten Projekt »InnoMill« qualifiziert das Fraunhofer IPT Beschichtungen für die Bearbeitung der Werkstoffe TiAl6V4, X3NiCoMoTi18-9-5 und X5CrNiMo17-12-2 und entwickelt diese weiter. Aufgabe der Beschichtungen bei der Bearbeitung hochwarmfester Werkstoffe ist es, die hohen Temperaturen von den Werkzeugs substraten fernzuhalten, um beispielsweise Diffusionsvorgänge zwischen dem Substratwerkstoff und dem Werkstückmaterial zu reduzieren und einen verfrühten Ausfall der Fräswerkzeuge zu vermeiden.

## Tool technology

The processing of high-performance materials – for the construction of turbomachinery, e.g. – requires a sophisticated tool technology, not least because the tools that are used to machine highly heat-resistant materials such as NiCr19NbMo and X6NiCrTi26-15 are subjected to high levels of both mechanical and thermal stress. The Fraunhofer IPT is conducting research into the complex interaction of thermal and mechanical stresses in the machining area, aiming to explore new ways of extending the technical lives of the tools involved.

For this purpose, the Fraunhofer IPT conducted a broad survey in 2012 about the use of different cutting materials, examining the suitability of various substrate options and the influence of different cutting blade geometries on the machining forces that are generated by the process and on the resulting component surface. Through this study, the Fraunhofer IPT wanted to acquire a more profound understanding of the forces that are generated at the tool blade during the machining process and how these forces interact. Under the European research project "QuickPro" (contract number FP7-262272), the Fraunhofer IPT has used a newly designed analog test station to analyze the impact of different ways of rounding off the cutting blade edges and of different cutting geometries on the forces that are generated by the machining process.

Under this and the "InnoMill" project – which receives funding from the German Ministry of Education and Research (BMBF) and is managed by Projektträger Karlsruhe (PTKA) – the Fraunhofer IPT analyzes the suitability of different coatings for the materials TiAl6V4, X3NiCoMoTi18-9-5 and X5CrNiMo17-12-2, developing successful materials into technological solutions. Coatings are applied to protect tool substrates from the high temperatures that are common during the processing of highly heat-resistant materials, for

Durch die systematischen Untersuchungen zum Einfluss verschiedener Schneidkantengeometrien konnte das Fraunhofer IPT einige Optimierungspotenziale aufdecken. Wie sich diese Potenziale im Werkzeugschleifprozess ausschöpfen lassen, ist nun das Ziel weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

### **Analyse der Spannsituation**

Wachsender Kostendruck erfordert immer kürzere Prozesszeiten – ein bedeutender Teil dieser Zeit nimmt das Spannen der Werkstücke ein. Die Spann- und Rüstvorgänge bestimmen auch die Flexibilität der Fertigung, die Planbarkeit der Produktion und sogar die Qualität der Produkte. Die komplexe Verflechtung aus technischen Randbedingungen, Organisation der Arbeitsvorbereitung, Logistik und Automatisierung führt dazu, dass die Spannsituation oft unübersichtlich ist. Das Fraunhofer IPT hat deshalb eine Analysemethode entwickelt, die zeigt, ob eine Fertigung in Bezug auf das Spannen optimal aufgestellt ist.

Die Analyse der Spannsituation erzeugt verallgemeinerte Bewertungsgrößen der Spann- und Rüstvorgänge. Spannprozesse mit Handlungsbedarf können mit diesen Kennwerten einfach identifiziert werden und das Potenzial von Veränderungen wird deutlich. Um Einspannvorgänge systematisch zu verbessern, müssen zunächst die Randbedingungen der Produktion erfasst werden. Im ersten Teil der Spannsituationsanalyse werden das Produktspektrum und die Prozesskette betrachtet, der zweite Teil der Analyse befasst sich mit der realen Spannpraxis im Fertigungsprozess. Hier werden die vorhandenen Spannmittel systematisch klassifiziert und katalogisiert. Anschließend werden Empfehlungen zur Organisation, zum Automatisierungsgrad und zur technischen Gestaltung der Spannsysteme abgeleitet. Danach erfolgt eine Beratung über kommerziell erhältliche Spanntechnik.

Im Jahr 2012 konnte das Fraunhofer IPT einem mittelständischen Unternehmen mit dieser Methode die Fertigungsabläufe

example to reduce diffusions between substrate materials and workpieces and to avoid premature wear and tear in the machining tools.

Its systematic studies about the impact on different cutting blade geometries allowed the Fraunhofer IPT to reveal potentials for further optimization. Forthcoming research and development studies must now establish in which ways these potentials may be actually exploited in the tool polishing processes.

### **Analysis of the clamping process**

Increasing cost pressures require ever shorter process cycles – and the time needed to fasten the workpieces accounts for a rather substantial portion of any such cycle. Clamping and configuration operations also determine how flexible the manufacturing process is, how reliably the production can be planned and even the quality of the finished products. The complex interaction of technological conditions, the structural organization of the process, logistics and automation often prevents a straightforward technical assessment of the clamping process. In order to make this process more transparent, the Fraunhofer IPT has developed an analytical method that reveals whether any given manufacturing process has hidden potentials for the further optimization of the clamping operation.

Under this analysis, some general parameters for the assessment of clamping and configuration operations were established. These parameters allow an identification of those clamping processes where corrections may be needed and of the time that might potentially be saved. A systematic improvement of clamping processes requires a thorough analysis of the conditions under which the production takes place. Part one of the process analysis concentrates on the product range and the process chain, while part two is designed to deliver a systematic list and classification of the means of clamping



und Entwicklungsperspektiven der Produktion sehr transparent darlegen. Dabei wurden Fertigungsschritte identifiziert, bei denen sich automatisierte Vorrichtungen wirtschaftlich einsetzen lassen. Zusätzlich konnte das Fraunhofer IPT dem Unternehmen ein modulares Konzept vorstellen, um die Anzahl der Vorrichtungen zu verringern. Die Prozesszeiten können sich damit um 30 Prozent verkürzen. Die Analyse der Spannsituation war die Grundlage für nachfolgende Projekte, die sich mit der Umsetzung und weiteren Optimierung der Produktion beschäftigen.

### **Kombinierte Hartdreh- und Polierbearbeitung**

Das Hartdrehen kommt hauptsächlich dann zum Einsatz, wenn sehr harte Bauteile, wie Pressstempel, Lagerringe oder Lagersitze zeiteffizient und hochpräzise bearbeitet werden müssen. Hier bestehen höchste Anforderungen an die Oberflächengüte, die jedoch aus prozesskinematischen Gründen nicht immer erfüllt werden können. Vor diesem Hintergrund hat das Fraunhofer IPT eine Poliereinheit in eine Hartdrehmaschine integriert, mit der sich gehärtete Bauteile mit optischen Oberflächen vollautomatisch in einer Maschine und Aufspannung herstellen lassen. So entfällt nicht nur der nachfolgende Prozessschritt des manuellen Polierens. Auch die Lebensdauer der zumeist hoch belasteten Bauteile kann sich deutlich verlängern.

in the actual manufacturing process. This provides the basis for recommendations concerning the organization, the level of automation and the technological design of the clamping system. Finally, the client receives advice on commercially available clamping technologies.

In 2012, the Fraunhofer IPT applied this method to assist a medium-sized enterprise that required a detailed and transparent representation of its production processes and their development perspectives, identifying elements of the production process where automatic solutions could improve the profitability. The Fraunhofer IPT also provided the client with a modular concept of decreasing the number of clamping devices, potentially shortening the process cycles by 30 percent. The analysis of the clamping process provided the basis for further projects of implementing the recommendations and of further optimizing the manufacturing operation.

### **Combined hard turning and polishing**

The technique of hard turning is mainly applied when very hard components such as extrusion dies, bearing rings and bearing seats are in need of time-efficient, high-precision machining. Surface quality requirements are strict, but available technologies often fail to deliver in this respect due to their process kinematics. This situation has led the Fraunhofer IPT to develop a hard turning appliance with an integrated polishing unit that is capable of producing hardened components with optical surface qualities automatically and within a single setting, dispensing with the need for any additional manual polishing processing step and potentially extending the technical life of the components involved – which are often exposed to high levels of stress – by significant amounts of time.

# CAX-TECHNOLOGIEN

## CAX-TECHNOLOGIES

CAX-Technologien sind ein integraler Bestandteil jeder automatisierten Fertigungsprozesskette – vom Produktdesign und der Prozessauslegung über Analyse- und Simulationstools sowie die Maschinenfähigkeitsanalyse bis hin zum Fertigungsprozess. Angepasst an die individuellen Anforderungen von Kunden und Projektpartnern entwickelt das Fraunhofer IPT umfassende Softwarelösungen für automatisierte Prozessketten zur Bauteilfertigung und -reparatur. Das »CAX-Framework« des Fraunhofer IPT als flexible Softwareplattform unterstützt die Entwicklung kundenspezifischer Softwaremodule für die Ultrapräzisions- und Feinbearbeitung, Hochleistungszerspanung, Laseroberflächenbehandlung und Messtechnik. Mit der Software »NCProfiler« bietet das Fraunhofer IPT NC-Datenanalysen mit anschließender Optimierung und berücksichtigt dabei besonders die Eigenschaften der individuellen Maschinen und CNC-Steuerungen.

### Unsere Leistungen

- Integrative CAX-Prozessketten für Werkzeug- und Formenbau, Herstellung und Reparatur von Turbomaschinenkomponenten sowie Optikfertigung
- Softwareunterstützung durch spezialisierte CAM-Module integriert im »CAX-Framework«
- Simulationsgestützte Planung, Programmierung und Optimierung von Bearbeitungsprozessen
- Maschinenindividuelle NC-Datenanalyse und -optimierung mittels »NCProfiler«-Software
- Formalisierung, Revisionierung und Migration von digitalen Produktionsketten
- Kundenindividuelle Analyse, metrikbasierte Bewertung und kriterienorientierte Optimierung von CAX-Prozessketten

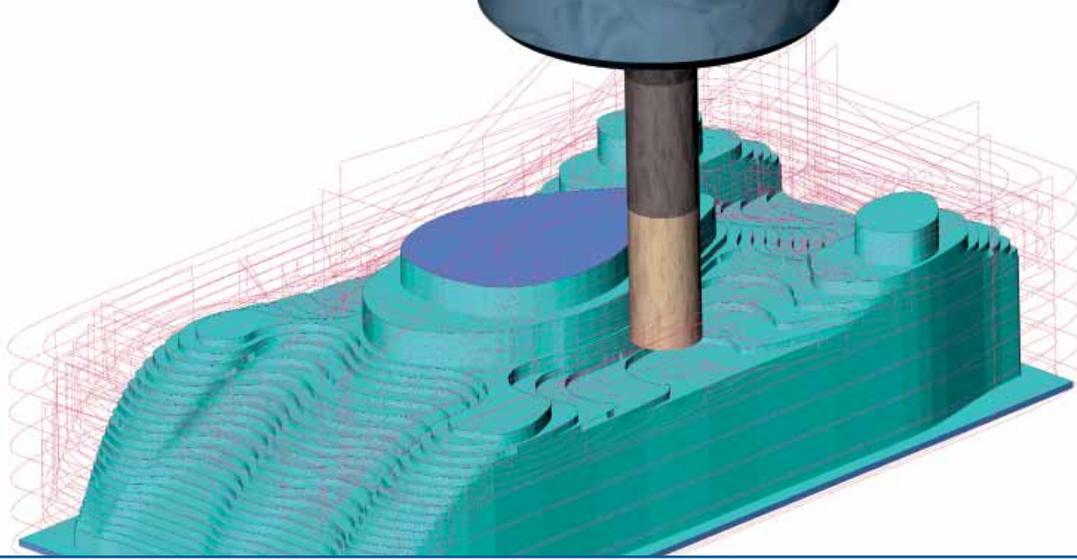
### Kontakt/Contact

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

CAX technologies are an integral element of every automated manufacturing process chain – from product and manufacturing process design via the analysis tools and simulation applications right down to the machine capability analyses and the manufacturing process itself. The Fraunhofer IPT develops comprehensive software solutions for automated process chains in the industrial production and repair of components, customizing these solutions according to the requirements of individual clients and project partners. The "CAX Framework" of the Fraunhofer IPT is a flexible software platform that supports the development of customized software modules in ultra-precision and fine machining, high-performance machining, laser surface treatment and metrology. The "NCProfiler" software enables the Fraunhofer IPT to provide NC data analyses and to perform their subsequent optimization, taking into account the specific properties of the individual machines and CNC systems.

### Our services

- Integrated CAX process chains for production and repair of turbo engine components and mold and die as well as for optics manufacture
- Provision of software support with specialized CAM modules, integrated into the "CAX Framework"
- Simulation-supported planning, programming and optimization of machining processes
- Machine-specific NC data analysis and optimization through the use of "NCProfiler" software
- Formalizing, revision and migration of digitized production chains
- Customized analysis, metrics-based evaluation and criteria-oriented optimization of CAX process chains



### **Integrative CAx-Prozessketten zur Fertigung und Reparatur**

Automatisierte Fertigungs- und Reparaturprozessketten erfordern konsistente Schnittstellen sowie einen reibungslosen, verlustfreien Datentransfer zwischen den involvierten Prozessen. Auf der Basis der Softwareplattform »CAx-Framework« implementiert das Fraunhofer IPT ganzheitliche Produktionslösungen, die beim Kunden eine prozesskettenübergreifende Datendurchgängigkeit schaffen. Ziel ist die Reduktion von Fertigungsfehlern und Ausschuss durch konsistente Datenübertragung und -verarbeitung.

### **CAx-Framework zur Entwicklung und Integration kundenindividueller CAx-Module**

Das CAx-Framework als flexible Softwareumgebung unterstützt die Entwicklung und Implementierung spezialisierter Softwaremodule. Die Systemkomponenten bieten grundlegende Methoden und Algorithmen zur Planung beliebiger Werkzeugwege mit angepassten Prozessparametern. Das Fraunhofer IPT entwickelte eine Reihe simulationsgestützter CAM-Module zur Planung komplexer Mehrachsprozesse für das Fräsen, Schleifen, Polieren, Laserauftragschweißen, Laserhärten und -legieren, Laserstrukturieren sowie zur optischen und taktilen Geometriedatenerfassung. In spezialisierten CAx-Modulen werden eigenentwickelte und kundenspezifische Bearbeitungsstrategien implementiert, die über eine benutzerfreundliche GUI konfiguriert und im Simulationsmodul überprüft werden. Anschließend erzeugt die Software die Bearbeitungsdaten in standardisierten NC-Zwischenformaten und konvertiert sie mit dem integrierten Postprozessor in alle gängigen NC-Formate. Das CAx-Framework bietet umfassende Schnittstellen für die Integration neuer CAx-Module sowie zur nahtlosen Anbindung an marktübliche CAx-Systeme.

### **Integrated CAx process chains for production and repair**

Automated process chains for manufacturing and repair require consistent interfaces and a smooth, lossless data transmission between the processes involved. On the basis of the self-developed software platform CAx-Framework, the Fraunhofer IPT implements integrated production technology that enables the customer to establish data consistency across individual process chains. The objective is the elimination of defects in manufacturing and the reduction of noncompliance in quality through consistent information transfer and data processing.

### **CAx-Framework for the development and integration of customized CAx modules**

The CAx-Framework is a flexible software platform that supports the development and implementation of specialized software modules. The system components provide basic tools, methods and algorithms, enabling the user to plan a wide range of tool paths with accordingly adjusted process parameters. The Fraunhofer IPT has developed a series of simulation-supported CAM modules, allowing the user to plan complex multi-axis processes for milling, grinding, polishing, laser material deposition, laser hardening, laser alloying, laser structuring as well as the optical and tactile acquisition of geometry data. The specialized CAx modules feature self-developed as well as customized processing strategies that are configured with the help of a user-friendly GUI before being subjected to verification in the simulation module. The software then generates the machining data in standardized NC interim formats and converts them into all common NC formats, using the integrated postprocessor.

### **Consistent CAx Process Chains**

A situation-adapted design of technological CAx process chains in manufacturing is of great importance due to the high cost

### **Durchgängige CAx-Prozessketten**

Eine situationsangepasste Auslegung der technologischen CAx-Prozesskette in der Fertigung hat aufgrund des steigenden Kosten- und Termindrucks und der wachsenden Komplexität moderner Produktionsanlagen und Produkthanforderungen eine große Bedeutung. Diese Herausforderungen erfordern flexible und dynamische Produktionssysteme, in die weiterführende Planungs-, Beurteilungs- und Analysemöglichkeiten integriert sind. Die Herstellung komplexer Bauteile erfolgt in sequentiellen Fertigungsschritten, die von CAx-Systemen unterstützt werden und so parallel zur Fertigungskette eine technologieabhängige CAx-Prozesskette bilden. Die Reduktion des Informationsdefizits und die datendurchgängige Verknüpfung der bisher isolierten Einzelanwendungen und Subsysteme zu einer prozesskettenübergreifenden Lösung sind Ziel der Arbeiten.

### **Konsistente Datenrepräsentation und Referenzierung in der Ultrapräzisionsbearbeitung – KoDaRe**

Innerhalb des Projekts »KoDaRe« – unterstützt durch das BMBF (Förderkennzeichen 13N10890) – entwickelt das Fraunhofer IPT zusammen mit Industriepartnern eine CAx-Software für die Planung von Prozessketten zur direkten und replikativen Optikfertigung. Durch konsistente Datenhaltung und eine hochpräzise Hardware-Referenzierung gelingt es, Freiformoptiken und integrierte Optikkomponenten von besonders hoher Qualität zu fertigen.

### **InnoCaT3: Reduktion des Energie- und Ressourcenverbrauchs in der Automobilindustrie**

Ziel des BMBF-Verbundprojekts »InnoCaT3« ist die Reduktion des Energie- und Ressourcenverbrauchs bei der Fertigung von Fahrzeugkarosserien. Zur automatisierten Korrektur von Umformwerkzeugen entwickelte das Fraunhofer IPT gemeinsam mit Industriepartnern CAx-Softwaremodule, mit denen die Bahnführung geplant und anschließend eine robotergestützte

and schedule pressure as well as the increasing complexity of modern production equipment and product requirements. These challenges require flexible and dynamic production systems with advanced planning, evaluation and analysis tools. The production of complex parts is performed in sequential manufacturing steps which are supported by CAx-systems, thus forming parallel to the production chain a technology-dependent CAx process chain. The goals are reduction of information gaps and data-consistent interfacing between the previously isolated individual applications and subsystems to achieve a process chain overarching solution.

### **Consistent data representation and referencing in ultra-precision machining – KoDaRe**

As part of the "KoDaRe" project (contract number 13N10890) which is funded by the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF), the Fraunhofer IPT and its industrial partners are currently developing a CAx software tool that will facilitate a reliable planning of process chains for the direct and replicative production of optical components. Consistent data management and high-precision hardware referencing allow the production of top-quality free-form optics and integrated optical components.

### **InnoCaT3: Reduction of energy and resource consumption for the automotive industry**

The objective of the joint research project "InnoCaT3" sponsored by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is the reduction of energy and resource consumption in the manufacturing of carbodies. For the automated correction of forming dies the Fraunhofer IPT developed CAx software modules in cooperation with its industrial partners which enable tool path planning of a machine-tool-integrated laser scanner for measuring the forming die and of the subsequent robotic grinding process based on the measured data. Through automation of the correction step, the try-out time



Schleifbearbeitung auf Basis der Messdaten durchgeführt werden kann. Dadurch reduziert sich die Einarbeitungszeit der Werkzeuge um mindestens 30 Prozent. Für die Verschleißreduktion von Tiefziehwerkzeugen entwickelt das Fraunhofer IPT ein simulationsgestütztes CAM-Modul zur automatisierten Planung der lokalen Laserflächenbehandlung.

### **Analyse und Optimierung von NC-Daten**

Die Software »NCProfiler« des Fraunhofer IPT analysiert NC-Daten, ermittelt kritische Bereiche des Werkzeugweges und optimiert diese hinsichtlich der individuellen dynamischen Eigenschaften der CNC-Maschine. Defekte wie mangelhafte CAD-Datenqualität, Werkzeugorientierungsfehler oder fehlerhafte NC-Postprozessor-Ausgaben werden schnell aufgedeckt und behoben. Ziel ist es, eine bessere Oberflächenqualität und Formgenauigkeit bei gleichzeitig kürzerer Fertigungsdauer sowie eine höhere Stabilität der Fertigungsprozesse zu erreichen. Der NCProfiler verfügt unter anderem über Postprozessoren für NC-Formate wie Heidenhain iTNC, Sinumerik 840D, ISO-NC, NX-CLS-Format, CATIA APT und verarbeitet diese. Die Codegeneratoren ermöglichen zusammen mit den ebenfalls vorhandenen Parsern für diese NC-Dialekte die reibungslose Integration des NCProfiler in bestehende CAx-Ketten.

### **Mikrogasturbine**

Die Abteilung CAx-Technologien initiierte das Studentenprojekt »Mikrogasturbine«, in dem die Komponenten einer selbst entwickelten Mikrogasturbine hergestellt und später montiert wurden. Für die Auslegung und Fertigung der Triebwerkskomponenten galt es, strömungstechnische und fertigungsgerechte Aspekte zu beachten. Das breite Themenspektrum rund um die Mikrogasturbine bildete die Basis für zahlreiche Studentarbeiten, die in enger Kooperation mit dem Institut für Strahlantriebe und Turboarbeitsmaschinen der RWTH Aachen, den Fachbereichen für Luft- und Raumfahrttechnik sowie Maschinenbau und Mechatronik der FH Aachen und mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT erfolgen.

can be reduced by at least 30 %. For the wear reduction of deep-drawing tools the Fraunhofer IPT developed a simulation-supported CAM module for the automated planning of local laser-assisted surface machining.

### **Analysis and optimization of NC data**

The Fraunhofer IPT's NCProfiler software analyzes NC data and identifies critical sections of the tool path before optimizing them in consideration of the individual CNC equipment's dynamic properties. Defects such as poor CAD data quality, tool alignment errors and flawed NC post-processor outputs are quickly identified and corrected. The software has been designed to combine improved surface quality and shape accuracy with shorter manufacturing periods and more stable manufacturing processes. The NCProfiler is equipped with post-processors for NC formats such as Heidenhain iTNC, Sinumerik 840D, ISO-NC, NX-CLS and CATIA APT and processes them. The code generators and parsers for these dialects enable a seamless integration of the NCProfiler in any CAx chains. They can benefit from a machine-specific NC program analysis.

### **Micro gas turbine**

The CAx-Technologies department initiated the student project "Micro gas turbine" during which the components of a self-developed micro gas turbine are manufactured and subsequently assembled. The design and manufacturing processes of the engine components had to take into account flow engineering as well as production engineering requirements. The wide range of subjects involved in constructing a self-developed micro gas turbine provided the basis for many student papers that were drafted in close cooperation with the Institute for Jet Propulsion and Turbomachinery at the RWTH Aachen University, the departments for Aeronautics, Industrial Engineering and Mechatronics of the FH Aachen and the Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT.

# FEINBEARBEITUNG UND OPTIK

## FINE MACHINING AND OPTICS

Die Abteilung »Feinbearbeitung und Optik« entwickelt Technologien zur Herstellung und Bearbeitung von Präzisionskomponenten. Die Basis bildet ein ausgeprägtes Grundlagenverständnis, das anhand konkreter Fragen in die industrielle Praxis überführt wird. Hier findet die neueste Maschinen- und Softwaretechnik Verwendung. Zum Technologieportfolio gehören die ultrapräzise Schleif- und Polierbearbeitung, die Diamantzerspannung sowie das Pressen hochpräziser Glaskomponenten, bei dem wir die gesamte Prozesskette abdecken – vom Werkzeugdesign bis zum Pressen der fertigen Optiken.

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

### Unsere Leistungen

- Grundlagenuntersuchungen und Prozessanalysen in ausgewählten Technologien
- Machbarkeitsstudien und Technologieentwicklungen
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Erstellung von Implementierungskonzepten
- Bauteilfertigung

### Kontakt/Contact

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

The department for "Fine Machining and Optics" develops production and processing technologies for precision components, based on a profound understanding of the fundamental principles involved and with the objective of addressing actual and highly specific requirements of industrial environments. For these purposes, we are using the latest engineering and software technologies. The department's technology portfolio includes ultra-precision grinding and polishing processes, diamond cutting technology as well as the molding of high-precision glass components for which we cover the entire process chain from mold design to the molding of the finished products.

We also develop robot-based and machine-based grinding and polishing technologies, aiming to replace manual operations in tool and die making as well as in the production of components for turbomachinery with automatic machining processes.

### Our services

- Basic research and process analyses in selected technologies
- Feasibility studies and technology design
- Profitability analyses and implementation strategies
- Production of components



### **Grundlagenuntersuchungen zur kostengünstigen Replikation komplexer Optikkomponenten**

Im transregionalen Sonderforschungsbereich SFB/TR4 hat das Fraunhofer IPT wissenschaftliche Grundlagen zur kostengünstigen replikativen Herstellung komplexer Optikkomponenten erforscht. So gewann das Fraunhofer IPT im vergangenen Jahr ein fundiertes Prozessverständnis über die anforderungsgerechte Auslegung von Polierprozessen zur Herstellung hochpräziser Umformwerkzeuge.

Der Fokus der Betrachtungen lag auf der Wirkung des Poliermittelträgers, auf den Wirkmechanismen beim Polieren von Hartmetall sowie auf der Übertragung von Poliersystemen auf lokal wirkende Polierverfahren. Unterschiedliche Verschleißmechanismen von Umformwerkzeugen beim Präzisionsblankpressen von Glasoptiken wurden analysiert und methodische Strategien erarbeitet, mit denen sich die Standzeit der Umformwerkzeuge verlängern lässt.

Zur Auslegung der optimalen Geometrie der Umformwerkzeuge und um stabile Prozessparameter beim Präzisionsblankpressen zu ermitteln, entwickelte das Fraunhofer IPT eine holistische FEM-Modellierung des Umformprozesses.

### **InnoCaT3: Automatisierung der Prozesskette zur Herstellung von Umformwerkzeugen**

Zur Herstellung von Karosserieelementen aus Blech setzt die Industrie komplexe Umformwerkzeuge ein. Die Prozesskette zur Herstellung solcher Umformwerkzeuge besteht dabei aus den Schritten Fräsen, Abziehen, Tuschieren und Schleifen. Das Abziehen zur Oberflächenverbesserung muss dabei unter vergleichsweise hohem personellem Aufwand durchgeführt werden. Die fordernden und monotonen manuellen Tätigkeiten können nur von erfahrenen Mitarbeitern ausgeführt werden und lassen sich schwer planen.

### **Scientific principles of cost-effective replicative production of complex optical components**

In the cross-regional SFB/TR4, one of the German Research Foundation's "Collaborative Research Centres", the Fraunhofer IPT has explored the scientific principles underlying the cost-effective replicative production of complex optical components. Over the past year, this has allowed the Fraunhofer IPT to acquire a sound understanding of the forces and mechanisms that must be taken into account during the customized design of polishing processes in the production of high-precision forming tools.

The research focused specifically on the effects of the polishing agent's carrier, on the actual effects of hard metal polishing and on the conversion of polishing systems to locally effective polishing techniques. Analyses were conducted to establish the different wear mechanisms of forming tools during precision glass molding operations, and strategies were developed to extend the technical life of forming tools.

The Fraunhofer IPT also developed an integrated FEM model of the forming process in order to optimize the geometrical design of the forming tools and to establish the most stable process parameters for precision glass molding operations.

### **InnoCaT3: Automated process chain for the manufacturing of complex forming tools**

Car manufacturers are using complex forming tools to produce body parts from sheet metal. The process chain to produce these forming tools consists of four steps: milling, sanding, adjusting and polishing. The sanding to improve the surface quality requires a relatively high input of manual labor. The manual interventions are demanding as well as monotonous, they can only be performed by skilled and experienced workers and they are difficult to plan.

Ziel des Projekts »InnoCaT3« war es deshalb, die manuellen Operationen durch automatisierte Prozesse zu ersetzen. Dazu wurden zusammen mit fünf Industrieunternehmen ein robustes Robotersystem aufgebaut und geeignete Prozessparameter entwickelt. Das Ergebnis waren beispielhafte Werkzeuge aus Gusseisen, die den Anforderungen der Endanwender entsprachen und in deutlich kürzerer Zeit gefertigt wurden, als durch manuelle Prozesse. Das Robotersystem soll nun in die industrielle Praxis überführt werden.

#### **Koordinatenschleifen von Glaskeramik**

In Anlagen für die Fertigung oder Inspektion von Halbleitern und Halbleiter-Bauelementen kommen immer öfter Leichtbau-Strukturbauteile aus glaskeramischen Werkstoffen zum Einsatz. In der Fertigungskette der Komponenten werden vorgeformte Sinterbauteile durch Koordinatenschleifen in ihre Endgeometrie geschliffen. Der Trend zu stetig steigender Bauteilkomplexität und -genauigkeit bei gleichzeitig wachsenden Dimensionen führt dazu, dass der Prozesssicherheit in der Auslegung und Optimierung der Schleifprozesse oberste Priorität gelten muss.

Das Fraunhofer IPT untersuchte deshalb in bilateralen Projekte systematisch die Zusammenhänge zwischen eingesetzten Schleifwerkzeugen, Maschinenstellgrößen und dem Prozessergebnis. Um die Technologie ganzheitlich zu betrachten, wurden Studien zu maschinenseitigen Einflussfaktoren wie der eingesetzten Werkzeugspanntechnik durchgeführt.

#### **Fertigung von Mandrel-Optiken**

Durch die ultrapräzise Diamantzerspannung lassen sich mechanische und optische Bauteile mit höchsten Oberflächengüten von  $R_a < 5 \text{ nm}$  und Formgenauigkeiten von  $P-V < 250 \text{ nm}$  bei gleichzeitig hoher Geometriefreiheit fertigen. Diese Geometrien umfassen Sphären, Asphären, Strukturen – diffraktiv und

The "InnoCaT3" project therefore aimed to replace these manual operations with automatic processes. For this purpose, the Fraunhofer IPT together with five industrial partner companies designed a robust robot system and developed suitable process parameters – resulting in prototype cast iron tools that were customized to match the manufacturers' requirements and that required far shorter production times than their manually produced counterparts. It is now planned to introduce the robot system into an actual industrial environment.

#### **Jig grinding of glass ceramics**

Facilities for the production or inspection of semi-conductors as well as their components increasingly use lightweight structural elements that are made from glass ceramics. Jig grinding is applied in the production chain of these components to give pre-formed sintered elements their final shape. The increasing complexity of components and the growing need for precision have – in conjunction with a change in dimensions – made it even more important than before to assure the highest possible level of process stability in the design and optimization of the polishing processes.

The Fraunhofer IPT has therefore conducted several bilateral projects to establish the connections between the grinding tools, the machine settings and the eventual results of the processes under review. Studies into the potential impact of other, process-specific factors – such as the techniques used to fix and fasten the tools – were also conducted to provide an integrated view of the technology.

#### **Production of mandrel optics**

Ultra-precision diamond cutting techniques allow the production of mechanical and optical components with surface qualities of  $R_a < 5 \text{ nm}$  and dimensional accuracies of  $P-V < 250 \text{ nm}$  for a wide range of complex geometries



Fresnel – und selbst nicht-rotationssymmetrische Geometrien. Ihr Anwendungsspektrum reicht von der Fertigung von Direktoptiken für Laseranwendungen über Presswerkzeuge, zum Beispiel für den optischen Spritzguss, bis hin zu komplexen Bauteilen wie der Mandrel-Optik für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrttechnik. Durch Ultraschallunterstützung im Drehprozess lässt sich das bearbeitbare Materialspektrum erheblich erweitern. So gelingt selbst die direkte Bearbeitung von Stahl und anderen auf konventionelle Weise nicht-bearbeitbaren Werkstoffen.

including spheres, aspherical shapes, structures – diffractive and Fresnel structures – and even non-rotationally-symmetric geometries. These components can be used for the production of direct optics in laser applications, pressing tools, for example in the injection molding of optical components, and complex components such as mandrel optics in the aerospace industries. Ultrasound-assistance for the turning process can extend the range of workable materials, up to the point where it even includes steel and other materials that cannot be machined by any conventional means.

# PRÄZISIONS- UND SONDERMASCHINEN

## PRECISION AND SPECIAL PURPOSE MACHINES

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 ihre Anforderungen um. Die Charakterisierung bestehender Maschinen ist ein weiteres Schwerpunktthema.

Unsere Stärken liegen in der Entwicklung hochpräziser Produktionsmaschinen für die Optikbranche sowie die Medizin- und Biotechnik. Selbst für komplexe Automatisierungsaufgaben erarbeiten wir effiziente und technisch zuverlässige Lösungen.

### Unsere Leistungen

- Maschinen- und Anlagenkonzeption
- Konstruktion von Sondermaschinen
- Analyse und Gutachten zu existierenden Systemen
- Steuerungsprojektierung und Programmierung
- Charakterisierung von Produktionsanlagen

### Kontakt/Contact

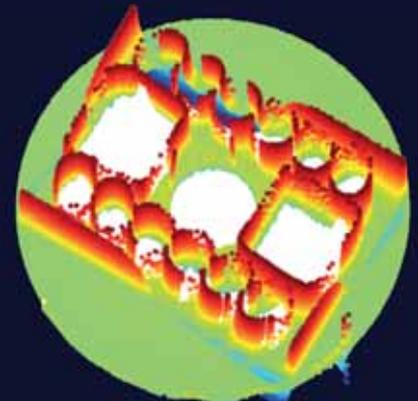
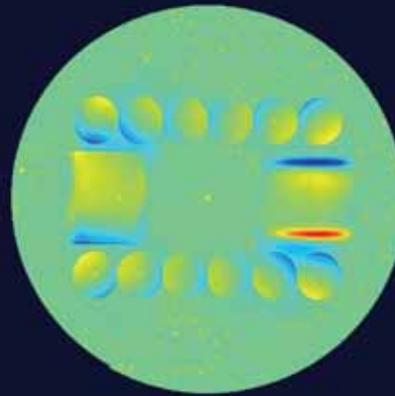
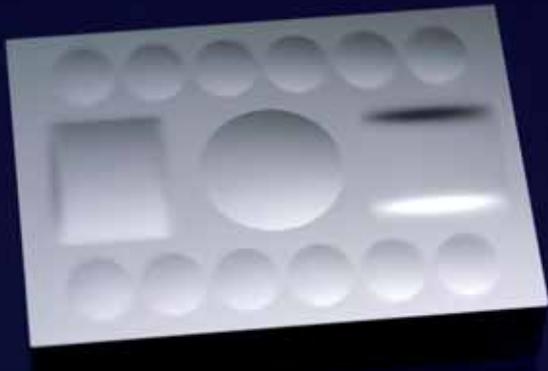
Dr.-Ing. Christian Wenzel  
Telefon/Phone +49 241 8904-220  
christian.wenzel@ipt.fraunhofer.de

The department for "Precision and Special Purpose Machines" designs customized engineering technology – entire facilities as well as components – across a wide range of fields. We help our clients to realize their ideas and to meet their requirements by developing engineering concepts, by designing and optimizing critical components and by implementing control technology or complex operating systems. The group also performs characterizations of existing equipment.

We concentrate on the development of high-precision production machines for the optics industry and applications in medical technology and biotechnology, designing efficient and technically reliable solutions even for complex automation tasks.

### Our services

- Design of machines and integrated facilities
- Construction of special purpose machines
- Analyses and assessments of existing systems
- Configuration of control systems and programming
- Characterization of production facilities



### Geometrische Charakterisierung hochpräziser 3- und 5-Achs-Maschinen

Höchste Präzision an Bauteilen wird in immer mehr Anwendungsfeldern gefordert. Dies gilt nicht nur für sehr kleine, sondern auch für extrem große Bauteile, beispielsweise für Getriebegehäuse von Windkraftanlagen mit Gewichten bis zu 30 Tonnen und lateralen Abmaßen im Meterbereich. Für die Herstellung solcher Bauteile kommen sowohl 3-Achs- als auch 5-Achs-Maschinen zum Einsatz. Eine elementare Voraussetzung für gute Bauteilqualität ist die geometrische Genauigkeit der verwendeten Werkzeugmaschine. Das Fraunhofer IPT entwickelt im AiF-geförderten Projekt »Opti-5-Achs« Messroutinen, mit denen sich solche Werkzeugmaschinen hochpräzise charakterisieren lassen. Zum Einsatz kommen kommerzielle Messsysteme: ein Dreistrahlinterferometer der SIOS Meßtechnik GmbH, ein taktiles System, bestehend aus den Messsystemen MT-Check und R-Test von IBS Precision Engineering sowie ein System bestehend aus vier Lasertracern der Etalon AG. Durch die Bewegungscharakterisierung des Tool Center Points im Bearbeitungsraum der Werkzeugmaschine lassen sich Fehler und Lage der Einzelachsen zueinander anhand eigens entwickelter mathematischer Routinen systematisch in kürzester Zeit bestimmen. Die taktile Technik setzt das Fraunhofer IPT für Dienstleistungsmessungen in Maschinen mit einem Bearbeitungsvolumen unterhalb eines Kubikmeters ein. In Großwerkzeugmaschinen kommen Lasertracer für solche Messungen erfolgreich zum Einsatz.

### Automatisierte Montage von Laseroptiken

Die Montage von Lasersystemen ist weitestgehend durch manuelle oder teilautomatisierte Arbeitsschritte gekennzeichnet. Im Falle der Teilautomatisierung handelt es sich um proprietäre, selbst entwickelte Ansätze der Lasersystemhersteller, die nicht als veröffentlichter Stand der Technik dem Markt zur Verfügung stehen. Das Fraunhofer IPT hat in mehreren Entwicklungsprojekten ein parallelekinematisches Positioniersystem

### Geometric characterization of high-precision 3-axis and 5-axis machines

An increasing number of industries is demanding components that are capable of meeting high-precision requirements – and this is true not only for very small, but also for extremely large components such as the transmission casings of wind turbines that can weigh up to 30 tons and have lateral dimensions in the range of several meters. 3-axis and 5-axis machines are used for the production of such components. High quality components require machine tools with high levels of dimensional accuracy. In the project "Opti-5-Achs" funded by the AiF, the Fraunhofer IPT is developing measurement routines designed to characterize such machine tools with high degrees of precision. These routines are based on commercial measuring equipment: a triple-beam interferometer from SIOS Meßtechnik GmbH, a tactile system featuring the metrology systems MT-Check and R-Test from IBS Precision Engineering and a system that comprises four laser tracers from Etalon AG. By characterizing the movement of the tool center point in the machine tool processing chamber, any defects of the individual axes and errors in the alignment of the different axes can be discovered quickly and systematically on the basis of specifically designed mathematical routines. The Fraunhofer IPT is also using the tactile technology for contract measurements in machines with processing volumes of up to one cubic meter. Large machine tools are successfully using laser tracers for such measurements.

### Automatic assembly of laser optics

Laser systems are largely assembled in a sequence of manual or, at best, semi-automatic production steps – but even this needs to be qualified by pointing out that any such semi-automation is generally based on proprietary, self-developed techniques of each individual laser systems manufacturer that are not, therefore, available on the market as "state of the art technology". The Fraunhofer IPT has conducted a

mit sechs Freiheitsgraden zur ultrapräzisen Positionierung von Mikrooptiken entwickelt: den »Commander6«. Das System lässt sich in unterschiedliche Grobpositioniereinheiten mechanisch und auch steuerungstechnisch integrieren. Für die Justage von Fast Axis Collimation Lenses (FAC) hat das Fraunhofer IPT den Commander6 in eine Montageanlage, die »MicRohCell compact« der Rohwedder Micro Assembly GmbH, integriert. Das Fraunhofer IPT entwickelte dafür den vollständigen Aufbau für die Komponentenzufuhr, die aktive Justage mittels Bildverarbeitung und Algorithmik und für das Dosieren von Klebstoff zur Fixierung der Komponenten. Das System steht für Machbarkeitsanalysen, kundenindividuelle Adaptionen und für die Überführung zum Kunden am Institut bereit.

#### **Deterministische Auslegung von Ultraschallsystemen**

Ultraschall unterstützt die Hybridisierung und die Miniaturisierung von Prozessen: Seine Anwendungsfelder reichen vom ultraschallunterstützten Schleifen von Keramiken über das Ultraschall-Superfinishing und das Ultraschall-Diamantdrehen von Stahl bis hin zu medizintechnischen Anwendungen bei Kataraktoperationen. Das Fraunhofer IPT hat eine durchgehende Auslegungskette für Ultraschallschwinger entwickelt und setzt diese für Auslegungszwecke ein. Dazu gehört die Bestimmung simulationsrelevanter Materialdaten ebenso wie die FEM-Simulation mit Optimierungsroutinen, der Aufbau und die Charakterisierung von Schwingern mittels Laservibrometrie und die Prozessentwicklung. In aktuellen Arbeiten erweitert das Fraunhofer IPT die Berechnungsmethodik auf komplexere Geometrien und Mehrschwingersysteme.

#### **Analyse von Steuerungs- und Antriebskomponenten**

Moderne Antriebssysteme in Werkzeugmaschinen für ultrapräzise Anwendungen setzen sich üblicherweise aus einem optischen Wegmesssystem, einem Antriebsverstärker, einem linearen, eisenlosen Direktantrieb und einer Maschinen-

range of development projects to design a parallel-kinematic positioning system called "Commander6" which features six degrees of freedom for the ultra-precision positioning of micro-optics. The system can be integrated into the mechanics and cybernetics of a range of rough positioning units. For the purpose of aligning Fast Axis Collimation Lenses (FAC), the Fraunhofer IPT integrated the Commander6 into an assembly plant of Rohwedder Micro Assembly GmbH, the "MicRohCell compact". The Fraunhofer IPT designed the component supply mechanism, the active alignment function which is based on imaging applications and algorithms and the glue dosage mechanism for the fixation of the components. The system is available at the Institute for feasibility analyses, customizations and for the transfer to the client.

#### **Deterministic design of ultrasound systems**

Ultrasound enables the hybridization and miniaturization of industrial processes: its many applications include the ultrasound-assisted machining of ceramics, ultrasound-superfinishing, the ultrasound-assisted diamond turning of steel and medical interventions such as cataract operations. The Fraunhofer IPT has developed an integrated design chain for ultrasonic oscillators and is using this chain for the development of innovative ideas including the determination of simulation-relevant material data, FEM-simulations with optimization routines, the construction and the characterization of oscillators through laser vibrometry and process engineering. Currently, the Fraunhofer IPT is extending the application of its calculation techniques to more complex geometries and multiple-oscillator circuits.

#### **Analysis of control technology and drive system components**

Modern drive systems in machine tools for ultra-precision applications commonly feature an optical path measurement system, a servo amplifier, a linear and coreless direct drive and



steuerung zusammen. Am Markt verfügbar ist eine Vielzahl an Komponenten mit unterschiedlichen Spezifikationen. Das Verständnis über die tatsächlich notwendige Leistung der Einzelkomponenten ist nur schwach ausgeprägt, die Kompatibilität und auch die Vor- und Nachteile gesamtheitlicher Systeme sind wenig bekannt. Das Fraunhofer IPT untersucht deshalb systematisch an einem eigens entwickelten Prüfstand die Leistungsfähigkeit von Einzelkomponenten und Systemen als Gesamtheit, um passende Systemarchitekturen für die gewünschte Leistung abzuleiten.

### **Nachrüstbarer Messrahmen gegen thermische Drift in Werkzeugmaschinen**

Zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten haben das Ziel, die Korrelation zwischen induzierten thermischen Störungen und der resultierenden geometrischen Verlagerung zwischen Werkzeug und Bauteil in Werkzeugmaschinen zu verstehen und in Modellen zu beschreiben. Durch das nicht-lineare Verhalten sind solche Ansätze jedoch hochkomplex und in der Regel sehr aufwändig. Das Fraunhofer IPT entwickelt deshalb einen nachrüstbaren Messrahmen mit thermischer Nulldehnung, der die Verlagerungen unabhängig vom eigentlich vorliegenden Temperaturprofil parallel zur Bearbeitung misst und diese für unterschiedliche Kompensationsansätze – steuerungsintern oder extern aufgeschaltet – zur Verfügung stellt. Ein Fachwerk aus temperaturinvarianten Kohlenstofffaser-rohren wird in der Werkzeugmaschine an den relevanten Positionen so eingebracht, dass eine Seite fest mit der Maschinenstruktur verbunden ist. Die andere Seite kann sich gegenüber der Maschinenstruktur bewegen, so dass die Verlagerungen anhand von Längenmesssensoren gemessen werden können. Durch Funkübertragung der Sensoren sind keine aufwändigen Kabelführungen erforderlich. Ein Softwaremodul rechnet aus der Maschinenarchitektur die resultierende Verlagerung des Tool Center Points und bereitet diese für die Kompensation auf. So lässt sich die Genauigkeit besonders von Großmaschinen deutlich verbessern.

a machine control system. A wide range of components with different technical data is commercially available, but there is little general understanding of the actual requirements for each individual component, and little is known about the compatibility as well as the advantages and drawbacks of integrated systems. The Fraunhofer IPT therefore subjects individual components and integrated systems to systematic performance tests, using a dedicated, self-developed test station to design suitable systems architectures for each required performance profile.

### **Upgradeable measuring frame helps to combat thermal drift in machine tools**

Many recently conducted R&D studies aim to further the understanding of the correlation between induced thermal forces and the geometrical displacement between tool and component in machine tools, eventually seeking to map this correlation in a representational model. The non-linearity of this correlation increases the complexity of both the physical processes and the study – which is why the Fraunhofer IPT is currently developing an upgradeable and thermally non-expansive measuring frame that is capable of establishing any displacement during the processing stage independently from the actual temperature profile before making its results available for a range of – internal or external – compensation strategies. For this purpose, a frame made from temperature-resistant carbon fiber tubes is attached to the relevant positions of the machine tool, with one side securely fastened to the structure of the machine and the other side free to move – this allows the engineers to establish any displacements with the help of sensors that measure the various relevant lengths. These sensors transmit their signals through radio waves, which is why no complex wiring and cabling systems are needed. A software module calculates the TCP displacements, based on the data of the machine architecture, and prepares any steps of compensatory intervention that may be required. The system specifically improves the accuracy of large machines.

# FASERVERBUND- UND LASERSYSTEM- TECHNIK

## FIBER-REINFORCED PLASTICS AND LASER SYSTEM TECHNOLOGY

Die Abteilung »Faserverbund- und Lasersystemtechnik« des Fraunhofer IPT bedient die wachsende industrielle Nachfrage nach automatisierten Produktionsverfahren und -systemen zur Herstellung faserverstärkter Leichtbaukomponenten aus duro- oder thermoplastischen Faserverbundkunststoffen (FVK). Die Forschungs-, Entwicklungs- und Dienstleistungsarbeiten umfassen sowohl die Auslegung von FVK-Bauteilen als auch die prototypische Bauteilfertigung. Darüber hinaus entwickelt das Fraunhofer IPT Produktionsanlagen für das laserunterstützte Tapelegen und -wickeln sowie für das Thermoformen. Ein weiteres Highlight ist die Inline-Integration von Sensoren in hochbeanspruchte FVK-Komponenten. Die Mikro-Pultrusion und das Mikro-Pullwinding optimiert und qualifiziert das Fraunhofer IPT für medizintechnische Anwendungen und entwickelt neue Greifersysteme für die reproduzierbare Handhabung von FVK-Halbzeugen. Einen weiteren Schwerpunkt bilden Sondermaschinen mit integrierter Lasersystemtechnik für die kombinierte Zerspanung und Lasermaterialbearbeitung sowie die laserunterstützte Bearbeitung.

### Unsere Leistungen

- Sondermaschinenentwicklung für das laserunterstützte Tapelegen und -wickeln thermoplastischer FVK-Prepregs
- Neue Greifertechnologien für FVK-Halbzeuge
- Auslegung und Fertigung prototypischer FVK-Bauteile
- Mikro-Pultrusion und Mikro-Pullwinding von FVK-Profilen für die Mess- und Medizintechnik
- Optimierung von Thermoformprozessen
- Laserintegration in Produktionsmaschinen
- System- und Verfahrensentwicklung für die laserunterstützte Bearbeitung (Zerspanung, Umformen, Scherschneiden)

### Kontakt/Contact

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

The department for "Fiber Reinforced Plastics and Laser System Technology" of the Fraunhofer IPT meets the growing demand for automatic processes of manufacturing fiber-reinforced components that are made from thermoplastics or duroplastics (FRP). Research and development services include the design of FRP components and the production of prototypes. The Fraunhofer IPT is also developing production facilities for laser-assisted tape laying and tape winding processes as well as for thermoforming operations. Another focus of the Institute's research is the inline integration of sensors into FRP components that are exposed to specifically high levels of stress. The Fraunhofer IPT furthermore optimizes micro-pultrusion and micro-pullwinding processes, qualifying them for medical applications. The Institute also develops gripper systems for the reproducible handling of semi-finished FRP products. Another key focus of research is the development of customized equipment with integrated laser systems technology for machine-integrated combined machining and laser material processing as well as laser-supported machining.

### Our services

- Development of customized equipment for the laser-assisted tape laying and tape winding of thermoplastic FRP prepregs
- New gripper technologies for the handling of semi-finished FRP products
- Design and production of FRP component prototypes
- Micro-pultrusion and micro-pullwinding of FRP profiles for applications in metrology and medical technology
- Optimization of thermoforming processes
- Integration of laser technology into production equipment
- Development of systems and processes for laser-assisted processes (machining, forming, shear cutting)



### **Laserunterstütztes Tapelegen thermoplastischer CFK- und GFK-Komponenten sowie Smart Composites**

Die Verarbeitung am Markt hochverfügbarer glasfaserverstärkter Kunststoffe (GFK) mit CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung trägt dazu bei, neben kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) weitere Einsatzfelder zu erschließen. Die Integration von Belastungssensoren in hochbeanspruchte CFK-Komponenten erlaubt erstmals eine energie- und ressourcenschonende Sensorintegration in thermoplastische Bauteile. So kann während der gesamten Bauteillebensdauer die Einsatzbelastung oder Überlastung ermittelt werden und der Sicherheitsaufschlag bei der Dimensionierung verringert werden. Im BMBF-geförderten KMU-innovativ-Projekt »GreenGlassFiber« (Förderkennzeichen 01LY1107A) entwickelt das Fraunhofer IPT ein neues Tapelege-Verfahren und -System, das die automatisierte Produktion von GFK-Wickelbauteilen mit CO<sub>2</sub>-Laserunterstützung ermöglicht. Ziel des BMBF-geförderten KMU-innovativ-Projekts »CFK-Mikro« (Förderkennzeichen 01LY1206B) ist es, Sensoren bereits während des Herstellprozesses in CFK zu integrieren und so die Grundlage für energie- und ressourceneffiziente »Smart Composites« zu schaffen.

### **Mikro-Faserverbundkunststoff-Profil – Mikro-Pullwinding und Mikro-Pultrusion**

Faserverbundkunststoffe verfügen über hervorragende Materialeigenschaften wie geringe Dichte, hohe Steifigkeit und Festigkeit, gute Medienbeständigkeit und gute elektrische Eigenschaften. Das Fraunhofer IPT miniaturisiert und automatisiert deshalb faserverbundtechnische Pultrusions-, Wickel- und Pullwinding-Verfahren. So werden beim Pullwinding Faserschichten mit verschiedenen Faserorientierungswinkeln in einem Profil kombiniert. Durch die starke Miniaturisierung der Herstellungsverfahren lassen sich diese herausragenden Eigenschaften auch auf Profile mit einem Durchmesser unter 500 µm übertragen. Typische Einsatzgebiete solcher kontinuierlich hergestellten Profile sind die Medizintechnik und

### **Laser-assisted tape laying of thermoplastic CFRP and GFRP components or smart composites**

The CO<sub>2</sub> laser processing of common and easily available glass-fiber-reinforced polymers (GFRP) has helped to explore wider fields of application beyond carbon-fiber-reinforced polymers (CFRP). The integration of load sensors into high-performance CFRP components has for the first time allowed a low-energy and resource-friendly production of integrated thermoplastic components. For the entire technical life of the component, the operating load of the component can now be established and any impending overload can be identified, allowing the engineers to reduce the safety margins of the technological design. In the SME innovation project "GreenGlassFiber", funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under contract number 01LY1107A, the Fraunhofer IPT is developing a new tape laying technique and system that enables the automatic production of wound GFRP components with CO<sub>2</sub> laser assistance. The SME innovation project "CFK-Mikro", funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under contract number 01LY1206B, aims to integrate sensors into the CFRP sensors during the production process, paving the way for energy-efficient and resource-efficient "Smart Composites".

### **Micro-FRP profiles – Micro-pullwinding and micro-pultrusion**

Fiber-reinforced plastics have excellent material properties such as low density, good electric properties and high levels of rigidity, strength and resistance to aggressive media. The Fraunhofer IPT is therefore miniaturizing and automating FRP pultrusion, winding and pullwinding techniques, combining for example – in pullwinding – different layers of fiber with different angles of orientation into a single profile. By miniaturizing the production techniques, even profiles with diameters of less than 500 µm can be made to benefit from these excellent properties. Areas of application for such continuously

die Messtechnik. Vorteilhaft ist beispielsweise die stufenlose Variation der Biege- und Torsionssteifigkeit bei Mikro-Profilen in axialer Richtung – abhängig vom Wickelwinkel im laufenden, kontinuierlichen Produktionsprozess. Zusätzlich lassen sich bereits während des Herstellungsprozesses gezielt Marker oder Kontrastmittel einbringen, die die Profile im Magnet-Resonanz-Tomographen, Computertomographen und Ultraschall sichtbar machen. Anwendungsfelder sind beispielsweise medizinische Führungsdrähte, die in einem langen Schaft genau bestimmte, hohe Biege- und Torsionssteifigkeiten aufweisen müssen, aber über eine sehr biegeweiche Spitze verfügen. Mit der Mikro-Pullwinding-Technologie können solche Mikroprofile jetzt auch ohne zusätzliche Montageschritte, so genannte Tipping-Prozesse, hergestellt werden.

### Laserunterstütztes Fräsen

Hochleistungswerkstoffe wie Nickelbasislegierungen oder technische Keramiken können wegen herausragender mechanischer Eigenschaften durch Fräsen nur eingeschränkt bearbeitet werden. Das Fraunhofer IPT hat einen neuen Ansatz entwickelt, bei dem die Laserstrahlung durch Spindel und Werkzeug über mitrotierende Optikkomponenten direkt vor dem Schneideneingriff auf das Werkstück trifft, das dadurch lokal erwärmt wird. So lassen sich selbst ohne Kühlschmierstoffe die Prozesskräfte bis zu 80 Prozent reduzieren und höhere Materialabtragsraten, bessere Oberflächenqualitäten und um 60 Prozent längere Werkzeugstandzeiten erzielen. Ziel im BMWi-Projekt »ToolAM« (Förderkennzeichen 16INE033) ist es, das laserunterstützte Fräsen zur Industriereife zu führen. Dazu wird ein modulares, skalierbares Werkzeugsystem mit integrierter Optik entwickelt. Im Projekt »HybMan« (Förderkennzeichen I/85318), gefördert von der Volkswagenstiftung, entwickelt das Fraunhofer IPT eine kombinierte Bearbeitung aus laserunterstütztem Fräsen und Laserstrahlpolieren zur Herstellung hochfester Bauteile mit definierten Oberflächeneigenschaften.

manufactured profiles include medical technology and metrology. One of the advantages is the infinite variability of the bending and torsional axial stiffness of the micro-profiles, depending on the winding angle in the ongoing, continuous production process. It is also possible to apply specific markers or contrasting agents already during the production process so that the profiles can be easily detected later in MRT, computer tomography and ultrasound examinations. Applications include, for example, medical guide wires that consist of a shaft with high levels of bending and torsional stiffness and a much softer tip. The micro-pullwinding technology allows the production of such micro-profiles without any need for additional assembly sequences, the so-called tipping processes.

### Laser-assisted machining

Due to their specific mechanical properties, high-performance materials such as nickel-base alloys and technical ceramics are difficult to machine. The Fraunhofer IPT has developed a new approach whereby rotating optical components ensure that the laser radiation hits the workpiece immediately before the blade and increases the local temperature accordingly. This method allows the operators to decrease the process forces by up to 80 percent, even without any use of cooling agents, to achieve higher material abrasion rates as well as better surface qualities and to lengthen the technical lives of the tools by up to 60 percent. The "ToolAM" project, funded by the German Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) under contract number 16INE033, aims to develop the technique of laser-assisted machining to the point where it can be introduced into industrial practice. For this purpose, a modular and scaleable tool system with integrated optics is being developed. Under the "HybMan" project, funded by the Volkswagen Stiftung under contract number I/85318, the Fraunhofer IPT is developing a process that combines laser-assisted machining and laser-beam polishing in order to manufacture high-strength components with defined surface properties.



### **Laserunterstützte Blechverarbeitung in der Serienproduktion**

Mit Folgeverbundwerkzeugen lassen sich in Exzenterpressen durch Scherschneiden und Umformen Bauteile aus Blech in hohen Stückzahlen zu niedrigen Preisen herstellen. Jedoch stoßen die konventionellen Verfahren bei der Bearbeitung hochfester Werkstoffe an die Prozessgrenzen – sowohl im Hinblick auf die erreichbare Kantenqualität als auch bei der Bauteilkomplexität. Das Fraunhofer IPT hat deshalb ein Verfahren zur laserunterstützten Blechbearbeitung entwickelt. Dabei wird der Werkstoff innerhalb weniger Zehntelsekunden gezielt durch Laserbestrahlung erwärmt. Das Bauteil kann hier nicht nur von der Blechunterseite durch die Matrize, sondern zusätzlich auch im Bereich der Blechzuführung bestrahlt werden. Das modulare Upgrade-System des Fraunhofer IPT kann schnell und einfach in vorhandene Pressensysteme integriert werden und zur laserunterstützten Blechbearbeitung genutzt werden. Das so genannte »hy-PRESS-System-Upgrade« verfügt über ein Echtzeitregelungs- und ein Sicherheitssystem und ist unabhängig vom Typ und Hersteller in der Presse einsetzbar. So gelingt es erstmals, ein hochdynamisches Strahlablesystem, einen Galvanometerscanner, innerhalb eines Folgeverbundwerkzeugs einzusetzen und die zu bearbeitenden Oberflächen variabel zu bestrahlen.

### **Laser-assisted processing of metal sheets in large series production**

Progressive compound dies in eccentric presses can, using shear cutting and transforming processes, produce large series of metal sheet components at a competitive price. When it comes to processing high-strength materials, however, conventional techniques will soon reach their technological limitations – both in terms of the edge quality they are capable of delivering and the complexity of the components. This is why the Fraunhofer IPT has developed a technique for laser-assisted metal sheet processing that raises the temperature of a specific area on the material within mere fractions of a second. The component can be exposed to radiation through the matrix, on the bottom side of the sheet, but also and additionally inside the feed-in system. The modular upgrade system of the Fraunhofer IPT can be integrated quickly and easily into existing pressing facilities. The so-called "hy-PRESS System Upgrade", equipped with a real time control system and a safety function, can be integrated into presses of all types and manufacturer models. It is the first device that allows the integration of a highly dynamic beam deflection system, a galvanometer scanner, into a progressive compound die, enabling the engineers subject the treatment surfaces to variable levels of radiation.

# PRODUKTIONSMESSTECHNIK

## PRODUCTION METROLOGY

Die Abteilung »Produktionsmesstechnik« des Fraunhofer IPT beschäftigt sich mit allen Fragen der produktionsbegleitenden Messtechnik sowie allen qualitätssichernden Maßnahmen in produzierenden Unternehmen. Dabei erarbeiten wir Lösungen sowohl für die Automobilindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau oder die Luftfahrtindustrie als auch für die Optik, Medizin- und Biotechnologie. Dazu steht uns eine umfangreiche Ausstattung moderner Messsysteme zur Verfügung, die wir nicht nur für Dienstleistungsmessungen einsetzen, sondern auch zusammen mit unseren Partnern und Messtechnik-anbietern optimieren und weiterentwickeln. Im Fokus unserer Arbeiten steht die Industrialisierung von Prozessen.

### Unsere Leistungen

- Mikro- und Nanometrologie
  - Messverfahren und Algorithmen für die Interferometrie
  - Optikdesign und Simulation optischer Systeme
  - Dienstleistungsmessungen und Charakterisierung funktionaler Oberflächen und optischer Funktionselemente
- Faseroptik
  - Miniaturisierung von Messsystemen
  - Mess- und Analysestationen für Medizin- und Biotechnologie
  - Aufbau von LWL-Verbindungen und Sonden mit individueller Strahlform und Austrittsrichtung sowie Montage mikrooptischer Bauelemente
- In-Prozess-Messtechnik
  - Integration von Messtechnik in Produktionsanlagen
  - Prozessmonitoring, -optimierung und -regelung
  - Automatisierte Prüfung von CFK-Werkstoffen

### Kontakt/Contact

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

The department for "Production Metrology" of the Fraunhofer IPT develops new measuring solutions for industrial applications and new quality assurance methods for manufacturing companies in the automotive industry, mechanical engineering and construction, the aerospace and optical industries as well as medical and biological technology. For these purposes, the department has been equipped with a comprehensive range of sophisticated measuring devices that are used for contract measuring services but that are also continuously optimized and developed in close coordination with partner organizations and technology providers. Our efforts are always keenly focused on the industrialization of processes.

### Our services

- Micro- and nanometrology
  - Measuring techniques and algorithms for interferometry
  - Optics design and simulation of optical systems
  - Contract measurements in the ultra-precision range, characterization of functional surfaces and optical functional elements
- Fiber optics
  - Miniaturization of measuring systems
  - Stations for measurements and analyses in medical and biological technology
  - Build-up of optical fiber assemblies and probes with individual beam shapes and beam directions as well as the assembly of micro-optical components
- In-process metrology
  - Integration of measuring technology into production facilities
  - Process monitoring, optimization and control
  - Automatic examination of CFRP materials



## Design und Simulation optischer Systeme

Die Auslegung und Optimierung optischer Systeme, etwa von Abbildungs- und Strahlformungsoptiken, sind im Entwicklungsprozess unverzichtbar. Beides erfordert nicht nur tiefgehendes physikalisches Verständnis und langjährige Erfahrungen, sondern vor allem auch einen genauen Blick auf wirtschaftliche Faktoren. In der Entwicklung optischer Systeme gilt es daher, sowohl die Leistungsfähigkeit der einzelnen optischen Elemente, ihrer Beschichtungen und mechanischen Aufnahmen als auch das optimale Zusammenspiel der Komponenten zu beurteilen, um ein technisch und wirtschaftlich optimales Design zu erreichen.

Das Fraunhofer IPT analysiert und optimiert optische Systeme im Auftrag seiner Kunden und Projektpartner. Dazu gehört auch das Optikdesign für Neuentwicklungen, die auf Kundenwunsch produktionstechnische, messtechnische und wirtschaftliche Randbedingungen berücksichtigen. Wir analysieren außerdem bestehende optische Systeme und identifizieren Fehlereinflüsse, um Optimierungspotenzial aufzudecken.

Das Leistungsspektrum des Fraunhofer IPT erstreckt sich dabei auf die folgenden Gebiete:

- Optisches und mechanisches Systemdesign
- Bewertung der Abbildungsleistung
- Streulicht- und Toleranzanalysen
- Design diffraktiver Elemente (z.B. CGHs)
- Schnittstellen zu CAD/CAM-Applikationen
- Berücksichtigung von Messdaten

Als kommerzielle Software wird das weit verbreitete Designprogramm ZEMAX eingesetzt. Es eignet sich ideal zur computergestützten Analyse, um Fehlereinflüsse bestehender optischer Systeme in Toleranz- und Streulichtanalysen zu bewerten und zu analysieren, etwa bei optischen Messgeräten, Beleuchtungs- oder Strahlformungsoptiken. Für Fälle, bei denen die kommerzielle Software an ihre Grenzen stößt, kommen Eigenentwicklungen des Fraunhofer IPT zur Anwendung.

## Design and simulation of optical systems

The design and optimization of optical systems such as imaging optics and beam-shaping optics are indispensable elements of the development process, requiring a profound understanding of the physical forces involved, many years of practical experience and – specifically important – a clear eye for efficiency and economic viability. The development of optical systems therefore needs to take into account the performance of the individual elements, their coatings and their mechanical holding fixtures as well as the interaction between all of these components in order to arrive at a technologically and economically optimized design.

The Fraunhofer IPT analyzes and optimizes optical systems on behalf of its clients and project partners, also developing optics designs that are customized to meet certain customer requirements in terms of production technology, metrology and economic efficiency. We can also analyze existing optical systems and identify causes of errors, revealing potentials for further optimization.

The service range of the Fraunhofer IPT includes the following:

- Optical and mechanical systems design
- Evaluation of the imaging performance
- Scattered light analyses and tolerance analyses
- Design of diffractive elements (such as CGHs)
- Interfaces with CAD/CAM applications
- Analyses of measurement data

The design program we are using is ZEMAX, a widely available commercial software which is ideally suitable for computer-based analyses and capable of assessing the causes of errors in existing optical systems through tolerance and scattered light analyses, for example in optical measuring instruments, illumination systems or beam-shaping optics. The Fraunhofer IPT has also developed its own customized products for cases that require complex or individualized solutions where the commercial software is no longer viable.

### **Entwicklung kundenindividueller Messmittel**

Gefertigte oder montierte Bauteile mit den passenden Messmitteln zu prüfen ist eine wichtige Voraussetzung für sichere Produktqualität. Häufig jedoch erfordert eine Prüfaufgabe individuelle Messsysteme oder Prüfvorrichtungen, die nicht am Markt erhältlich sind. Hier setzen Sonderentwicklungen an, die gezielt besondere messtechnische, wirtschaftliche und produktionstechnische Randbedingungen erfüllen.

Die Abteilung »Produktionsmesstechnik« des Fraunhofer IPT entwickelt im Kundenauftrag individuelle Mess- und Sensorsysteme zur hochgenauen Überwachung und Charakterisierung neuer Fertigungsverfahren. Als zentrales Element in miniaturisierten Messsystemen dienen Lichtwellenleiter, die das erforderliche Licht exakt an die richtige Stelle führen. Indem sie die Messsignale optisch übertragen, lassen sich robuste Sensordesigns entwickeln. Diese Sensoren sind unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen und erlauben so Messungen mit Genauigkeiten im Nanometerbereich. Weitere Vorteile lichtwellenleiterbasierter Sensoren sind ihre Langzeitstabilität und Beständigkeit gegenüber einer Vielzahl von Chemikalien.

Neben Sensoren zur Messung geometrischer Größen entwickelt und fertigt das Fraunhofer IPT auch Temperatur-, Druck- und Spektroskopiesonden, die bereits erfolgreich in endoskopische Systeme integriert wurden. Das Fraunhofer IPT entwickelt, fertigt und montiert die Sensoren, integriert sie in Maschinen und Messgeräte und übernimmt die Konstruktion und das opto-mechanische Design individueller Messsonden.

### **Hochpräzise Inline-Messtechnik für die Laser-Mikrobearbeitung**

Im Zuge immer kleinerer Toleranzen bei Laserprozessen und bei der Bearbeitung neuer Materialien entwickelte das Fraunhofer IPT ein berührungslos arbeitendes, hochgenaues

### **Development of customized measuring instruments**

High levels of product quality in manufactured or assembled components can only be reliably assured with the help of suitable measuring instruments. Under certain conditions, however, commercially available instruments cannot deliver reliable measurements – which is where customized and individually designed items of equipment come into play which are capable of responding to specific technological, economic and circumstantial conditions of the production process.

The department for "Production metrology" of the Fraunhofer IPT develops – on behalf of its clients – customized measuring and sensor systems for high-precision monitoring and characterization operations in production processes. Optical fibers that are capable of guiding the light to its target areas are the central elements of miniaturized measuring systems. Robust sensor arrays can be designed, the measuring signals being optically transmitted. Such sensors cannot be affected by electromagnetic interferences and therefore deliver reliable values in the nanometer range. Optical-fiber-based sensors are furthermore stable over long periods of time and resistant to many commonly used chemicals.

In additions to these sensors that can measure geometrical dimensions, the Fraunhofer IPT also develops and designs probes to establish temperatures and pressure levels as well as spectrometric devices, some of which have already been successfully integrated into endoscopy systems. The Fraunhofer IPT develops, designs and assembles the sensors, integrates them into machines and measuring equipment and constructs individual measuring probes, also providing their opto-mechanical design.



Inline-Messsystem für die Lasermaterialbearbeitung. Dabei werden die Bearbeitungsoptiken dazu genutzt, einen Messstrahl auf die Bauteiloberfläche zu fokussieren. So können Laser- und Messstrahl gleichzeitig arbeiten. Eine telezentrische Abstands- und Topographiemessung in Maschinenkoordinaten ist mit diesem System vor, während und nach der Bearbeitung ausführbar.

Das Messsystem des Fraunhofer IPT und seine anschließende Maschinenintegration verfügen über ein großes Potenzial nicht nur zur Prozessüberwachung und -regelung, sondern auch zur automatisierten Einstellung der Prozessparameter, zur Bauteilausrichtung und zur direkten Qualitätskontrolle. Diese Merkmale sind bei der Lasermikrobearbeitung von großem Vorteil, da sich die Prozesszeiten verkürzen und eine höhere Prozessstabilität und Produktqualität erreicht wird. Dadurch steigt die Produktivität bei sinkenden Produktionskosten.

Das neue Messsystem konnte auch in weiteren laserbasierten Verfahren wie dem Laserfügen oder -schweißen zur Prozessüberwachung und -regelung zum Einsatz kommen. Hier werden die Fokusslage, die bearbeitete und die Eindringtiefe im laufenden Prozess gemessen. Weitere Anwendungen sind die Überwachung und Regelung der Laserbearbeitung von Composites sowie Kunststoffen und Glas.

### **High-precision inline measuring equipment for laser micro-machining**

Responding to the need for ever narrower tolerance limits in laser processing and for equipment that is capable of working with new materials, the Fraunhofer IPT has developed a non-contact high-precision inline measuring device for laser material treatment processes. Optics are used to focus a measuring beam on the component surface, allowing laser beam and measuring beam to operate simultaneously. With this system, it is possible to perform telecentric measurements of distance and topography in machine coordinates prior to, during and after the machining process.

When the measuring system of the Fraunhofer IPT has been integrated into the machine, it holds out the promise of facilitating many important elements of the manufacturing process – including process control and process monitoring, the automatic adjustment of process parameters, the alignment of the components and immediate quality assurance. All of these elements are highly significant for laser micro-machining, since they pave the way for shorter process times, more process stability and higher levels of product quality. For the companies involved, this means more productivity at lower operating costs.

The new measuring system has already been applied in the process monitoring and process control functions of other laser-assisted processes such as welding and joining. For these applications, the position of the focus and the levels of machining or penetration depth can be measured. Other applications include the monitoring and control of laser treatment for composites, plastic and glass.

# PRODUKTIONSQUALITÄT

## PRODUCTION QUALITY

Einzigartige Produkte und fehlerfreie, effiziente Prozesse sind entscheidende Differenzierungsmerkmale im globalen Wettbewerb. Eine zentrale Aufgabe des Qualitätsmanagements ist es daher, robuste Prozesse zu industrialisieren sowie die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Produkten zu gewährleisten. Die effiziente Anwendung der richtigen Methoden, Werkzeuge, Verfahren und Technologien zur Qualifikation von Mensch, Organisation und Technik sind dabei entscheidend. Wir gestalten die Produktionsqualität und entwickeln und erforschen leistungsfähige Werkzeuge und Verfahren, um sichere und zuverlässige Produkte ökonomisch und ökologisch effizient zu produzieren.

### Unsere Leistungen

- Produktionseffizienz
  - Prozessmanagement in Produktion und Administration
  - Aufbau integrierter Managementsysteme
  - Zertifizierungsvorbereitung
  - Aufbau und Verbesserung von Energiemanagementsystemen
  - Optimierung von Prozessketten in der Fertigung
  - Green Quality – Integrierte ökonomische und ökologische Bewertung (LCA/LCC)
- Risikomanagement
  - Gestaltung von Risikomanagementsystemen, z.B. nach DIN ISO 31000
  - Entwicklung von Methoden zur Risikobeurteilung
  - Projektorientiertes Risikomanagement
  - Durchführung von Risiko-Analysen, z.B. mittels FMEA, FTA, ETA oder DRBFM

### Kontakt/Contact

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Christoph Hammers  
Telefon/Phone +49 241 8904-342  
christoph.hammers@ipt.fraunhofer.de

Distinctive products and flawless, efficient processes are what make companies stand out from their business rivals in the tough climate of global competition: they are their “unique selling points”. It is the job of quality management to deliver robust processes for industrial environments as well as safe and reliable products. The key component in the quality management process is the efficient application of the proper methods, tools, procedures and technologies to qualify the organizational structure, the engineering hardware and the workforce. We shape production quality, researching and developing high-performance tools and processes to manufacture safe and reliable products with high levels of both economic and ecological efficiency.

### Our services

- Production efficiency
  - Process management in production and administration
  - Development of integrated management systems
  - Preparation for the certification process
  - Design and optimization of energy management systems
  - Optimization of manufacturing process chains
  - Green Quality – Integrated assessment on the basis of economic and ecological criteria (LCA/LCC)
- Risk management
  - Design of risk management systems in compliance with recognized standards (such as DIN ISO 31000)
  - Development of risk assessment techniques
  - Project-specific risk management systems
  - Completion of risk analyses through FMEA, FTA, ETA, DRBFM and other techniques



### **Ökonomisch-ökologische Analyse eines Flugzeuglebens**

Nach Prognosen von Airbus und Boeing wird das jährliche Luftverkehrsaufkommen bis 2030 zwischen drei und fünf Prozent jährlich steigen. Neben dem ökonomischen Nutzen durch die erhöhte Mobilität hat dieses Verkehrsaufkommen auch negative Effekte auf Umwelt und Mensch. Damit neue Flugzeuge zukünftig sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll ausgelegt werden, sind die Auswirkungen während des gesamten Lebenszyklus zu hinterfragen und zu bewerten.

Gemeinsam mit mehreren Partnerinstituten der RWTH Aachen hat das Fraunhofer IPT im Projekt »Air Transport Vehicle Life Cycle Analysis« eine Methodik zur Lebenszyklusanalyse von Flugzeugen entwickelt. Die Methodiken des Life Cycle Costing (LCC), des Social Life Cycle Assessment (SLCA) und der Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment) wurden im Projekt in Form eines Softwaretools zusammengeführt. Dabei wurde exemplarisch der Airbus A330-200 modelliert und hinsichtlich Kosten, Nutzen und ökologischer Auswirkungen wie dem Treibhausgaspotenzial entlang des gesamten Flugzeuglebens analysiert. Die Modellierung weiterer Flugzeugtypen ist ebenfalls möglich.

Das Softwaretoolset, das die Partner im Projekt entwickelt haben, kann so zu umfassenden Szenarioanalysen dienen, etwa durch Variation unterschiedlicher Flugprofile für die Betriebsphase des Flugzeugs. Dazu gehören für eine ökonomische-ökologische Bewertung der Produktionsphase auch die Abbildung des Produktionsnetzwerks oder die Materialzusammensetzung der Flugzeuge.

Aus den Ergebnissen des Forschungsprojekts konnten die Partner Rückschlüsse auf die zukünftige Gestaltung von Flugzeugen, sinnvolle Streckenauslegungen sowie Recycling und Entsorgung ziehen.

### **The technical life of an airplane – an analysis of economic and ecological aspects**

Both Airbus and Boeing are currently forecasting that the volume of air traffic will grow by an annual rate of three to five percent between now and the year 2030. Such increases in mobility will have an economic benefit but also adverse effects on humans and the environment. In order to assure that the newly built airplanes of the future will comply with economic as well as ecological requirements, their entire life cycle must be assessed and evaluated accordingly.

In the project "Air Transport Vehicle Life Cycle Analysis", the Fraunhofer IPT and several partner institutes from the RWTH Aachen University have jointly developed a method to analyze the life cycles of airplanes, combining the methods of Life Cycle Costing (LCC), Social Life Cycle Assessments (SLCA) and Life Cycle Assessments in a single software tool. The airplane that was used as the model for the exercise was the Airbus A330-200, and its costs, benefits and environmental effects including its likely output of greenhouse gases were analyzed for the entire lifetime of an average plane. The system is capable of subjecting other makes and models to the same assessment.

The software tool set that was developed for the project by the partner organizations allows the creation of various comprehensive scenarios, for example through variations of the flight profiles from the airplane's operating phase. The integrated assessment of the production stage must also represent the wider production network and take into account which materials were used for the plane's construction.

The results of the research project allowed the partners to make predictions about the airplane design of the future, to develop sensible strategies of designing route networks and to issue recommendations about recycling and disposal.

### Technisches Risikomanagement

Produzierende Unternehmen sind durch Gesetze, Normen und Standards, beispielsweise die EN ISO 14971, MPG und FDA, zu sicheren Produkten verpflichtet. Auch der Wunsch nach einer sicheren Arbeitsumgebung veranlasst viele von ihnen, betriebliche, operationelle oder produktbezogene Sicherheitsstandards zu erfüllen. Dies in die betriebliche Praxis umzusetzen ist Gegenstand des technischen Risikomanagements. Eine große Herausforderung bietet dabei nicht nur die effiziente Umsetzung, sondern auch die Anwendung des Risikomanagements im Bezug auf komplexe Produkte und neue Herstellverfahren. Bestehende Analyseinstrumente zur umfassenden Risikobetrachtung alleine reichen hier nicht mehr aus.

Durch den praktischen Einsatz bewährter Instrumente und Methoden des präventiven Qualitätsmanagements wie FMEA, FTA und DRBFM sowie die Entwicklung neuer Methoden des technischen Risikomanagements unterstützt das Fraunhofer IPT in zahlreichen bilateralen Projekten Unternehmen unterschiedlicher Größe – vom KMU bis zum Großunternehmen.

### Risikomanagement in der Produktentstehung industrieller Services

Nicht nur bei der Entwicklung materieller Produkte sehen sich Unternehmen mit Risiken konfrontiert, auch mit der Entwicklung und Erbringung industrieller Dienstleistungen gehen Risiken einher: Das Dienstleistungsangebot entspricht beispielsweise nicht der Nachfrage des Marktes oder die Erwartungen der Kunden hinsichtlich der Leistungsbestandteile und Qualität werden nicht erfüllt. Dies sind auch die Folgen eines unzureichenden Kundenverständnisses, mangelnder Qualifikation der Mitarbeiter mit Kundenkontakt oder übertriebener Versprechen des Marketings. Unternehmen im Dienstleistungssektor sind hier gehalten, dem Prinzip

### Technical risk management

Manufacturing enterprises are obliged – either legally or through industrial norms and standards such as EN ISO 14971, MPG and FDA – to supply products that are safe to use. On top of that, it is the need to provide their employees with a safe working environment that motivates many of them to comply with internal, procedural or product-specific safety standards. The technical risk management function has the task of making sure that these standards enter industrial practice. Challenges include implementation efficiency and the application of the risk management approach to complex products and innovative production techniques. Existing risk assessment instruments often fail to deliver in this respect.

Through the practical use of proven methods and instruments of a preventive quality management such as FMEA, FTA and DRBFM and by developing new technical risk management methods, the Fraunhofer IPT is assisting enterprises of various sizes – from the SME to the multinational corporation – through a number of bilateral projects.

### Risk management in the design of industrial service products

Business risks are not only generated by the design of material products but also by the development and the provision of industrial services. Service ranges may, for example, not meet any actual customer demand or fail to satisfy the customers' expectations of quality and performance. Such failures may result from a lack of comprehension of what the customers want, unqualified or poorly trained sales personnel and untenable promises of marketing campaigns. Service providers have no choice but to obey the "first time right" commandment, since they – in contrast to producers of material goods – get no second chances.



»First-Time-Right« zu folgen, da in ihrem Bereich – anders als beispielsweise bei Konsumgütern – keine Chance zur Nachbesserung existiert. Deshalb entwickelte das Fraunhofer IPT innerhalb des Projekts »ServRisk – Risikominimierter Innovationsprozess für industrielle Dienstleistungen«, ein 10-schrittiges Vorgehensmodell, das Anwender bei der Entwicklung von Dienstleistungen unterstützt. Das Projekt wurde aus dem Europäischen Fond für regionale Entwicklung im Programm »Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung« des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert (Förderkennzeichen 290071902). Ziel war es, die Chancen und Risiken bei der Entwicklung von Dienstleistungen zu identifizieren, zu analysieren, zu bewerten und zu behandeln. Die Entwicklung marktgerechter und qualitativ hochwertiger Dienstleistungen nach diesem Vorgehensmodell führt zu einer höheren Kundenzufriedenheit und sichert so langfristig den Unternehmenserfolg.

With this in mind, the Fraunhofer IPT has developed a 10-step model as part of the project "ServRisk – Minimizing risks in the innovation of industrial services" which is designed to assist companies in the development of new services. The project has received support from the European Regional Development Fund as part of the programme "Regional competitiveness and employment" of North-Rhine Westphalia (contract number 290071902). The project aims to identify, analyze and assess the risks and opportunities that are involved in the design of services. The Fraunhofer model is meant to allow companies to develop market-oriented and high-quality services, increasing customer satisfaction and helping the businesses to lay the foundations for their long-term success.

# TECHNOLOGIEMANAGEMENT

## TECHNOLOGY MANAGEMENT

Die Fähigkeit technologischen Wandel schnell umzusetzen entscheidet immer öfter über den wirtschaftlichen Erfolg. Daher ist ein durchdachtes Technologiemanagement heute kein Luxus mehr, sondern eine Notwendigkeit. Wer eine erfolgreiche Wettbewerbsposition aufbauen und halten will, muss seine Technologien kundenorientiert entwickeln, erschließen, einsetzen und substituieren. Hier gilt es Produkt-, Produktions- und Materialtechnologien ganzheitlich zu betrachten und zu bewerten. Nur ein strukturiertes Technologiemanagement ermöglicht es, die eigenen technologischen Fähigkeiten optimal auf Kundenanforderungen abzustimmen, die richtigen Technologien gezielt weiterzuentwickeln und dadurch erfolgreich Differenzierungspotenziale aufzubauen. Ziel ist ein professionelles Technologiemanagement, mit dem Unternehmen frühzeitig die richtigen Technologien identifizieren, um diese optimal einsetzen und unwirtschaftliche oder veraltete Technologien rechtzeitig substituieren zu können.

### Unsere Leistungen

- Technologiemanagement-Audit
- Prozess- und Organisationsgestaltung im Technologiemanagement
- Technologiestrategie
- Technologiefrüherkennung
- Technologieplanung
- Technologieentwicklung/ -einkauf
- Technologieverwertung
- Technologieschutz
- Technologiebewertung

### Kontakt/Contact

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

The ability to implement technological change rapidly and decisively is a vital condition for economic success – today more than ever. This is why a sophisticated technology management is no longer a luxury but a necessity in today's ultracompetitive business environment. Anybody who wants to obtain and maintain a successful market position, will need to adapt the processes of developing, implementing and of eventually replacing his technologies to the changing requirements of his clients and customers. For this purpose, product, production and material technologies must be viewed and treated as an integrated whole. Only a structured technology management will allow companies to successfully adapt their technological skills to customer requirements, to pick the right technologies in which to invest for further research and to develop and cultivate their unique selling propositions. Professional technology management operations enable companies to identify the right technologies at an early stage, to use these technologies correctly and to replace technologies in time that are either obsolete or no longer economically viable.

### Our services

- Technology management audits
- Design of industrial processes and organizational restructuring
- Technology strategies
- Technology intelligence
- Technology planning
- Technology development/purchasing
- Commercial exploitation of technology
- Technology protection
- Technology assessment

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



### Entwicklung einer Technologiestrategie

Ein Chemiekonzern musste der wachsenden Bedeutung von Technologien gerecht werden und die Weiterentwicklung seiner technologischen Kompetenzen stärker aktiv steuern. Dazu sollte ein konzernweites Technologiemanagementsystem eingeführt werden. Zunächst entwickelte das Fraunhofer IPT dazu gemeinsam mit einer Business Unit des Konzerns ein Technologiestrategiekonzept sowie den zugehörigen Strategieprozess. Damit sollte es jeder Business Unit ermöglicht werden, die strategische Ausrichtung der eigenen Technologien eigenständig abzuleiten. Eine wesentliche Herausforderung war dabei die Übertragung der aus dem Maschinenbau bekannten Prinzipien von Technologiestrategien auf die Gegebenheiten der Chemieindustrie, die nur in vertrauensvoller Zusammenarbeit mit der Business Unit bewältigt werden konnte.

Zunächst wurden dazu in einem Kick-off-Workshop das Zielbild für das Projekt abgestimmt und die Anforderungen an die Technologiestrategie aufgenommen. In darauffolgenden Workshops wurden die wesentlichen Bestandteile der Technologiestrategie vor dem Kontext der Business Unit entwickelt. In dem betrachteten Bereich der Chemieindustrie ist das technologische Ziel die Verbesserung der Kostenposition gegenüber dem Wettbewerb. Folglich wurde als Kernelement die Analyse der eigenen Kostenposition sowie die der Wettbewerber und die Ableitung von technologischen Maßnahmen zur Verbesserung dieser Kostenposition in die Technologiestrategie integriert. In mehreren weiteren Workshops wurde das Konzept jeweils unter Annahme konkreter technologischer Beispiele und realistischer Herausforderungen vervollständigt. Die vertrauensvolle Zusammenarbeit zahlte sich besonders in dieser Phase des Projekts aus.

Das Technologiestrategiekonzept wurde schließlich als ein Leitfaden mit integrierten Anwendungshinweisen umgesetzt und der Business Unit zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus wurde der Prozess zur Strategieerstellung als Leitfaden

### Developing a technology strategy

A corporation in the chemical industry felt the need to exert a higher level of active control over the development of its technological competences, adapting its organization to the increasing importance of technology in general. For this purpose, it planned to implement a Group-wide technology management system. The Fraunhofer IPT began by developing a technology strategy and a strategic process, in close coordination with one of the Group's business units. The idea was to allow each business unit to develop the strategic alignment of its own technologies. One early challenge was the need to transfer the principles of technology strategies that had originally been developed for corporations in heavy engineering to the specific conditions of the chemical industry. This could only be delivered with the active assistance of the Group's business unit.

After the objectives of the project and the essential requirements of the technology strategy had been defined in a kick-off workshop, subsequent workshops developed the strategy in closer detail, always bearing in mind the context that was provided by the Group's own business unit. In the specific sector of the chemical industry where the client corporation was conducting its business activities, the key target of any technology is the improvement of the cost position to gain an edge in what is a highly competitive market. As a result, the analyses of the Group's own cost position and of that of its business rivals were defined as core elements of the project, following which technology measures to improve this cost position could be integrated into the overall strategy. Several other workshops finalized this concept on the basis of concrete technology examples and realistic problem scenarios. The high level of mutual trust between client and scientists proved to be particularly valuable during this stage of the project.

Finally, the technology strategy was implemented in the form of a guideline with instructions for use that was handed

aufbereitet und die enthaltenen Portfoliobewertungen automatisiert. Bei Übergabe der Projektergebnisse im Rahmen der Abschlusspräsentation wurden gleichzeitig weitere Business Units eingebunden, um die Verbreitung des Konzepts der Technologiestrategie »bottom-up« anzuregen.

### **Kernkompetenzanalyse als Grundlage für strategische Entscheidungen**

Das Fraunhofer IPT führte eine Kernkompetenzanalyse für einen Hersteller von Mikrosensoren durch. Ziel des Industrieprojekts war es, die Kompetenzbasis des Unternehmens aufzunehmen, strukturiert darzustellen und Kernkompetenzen systematisch zu identifizieren. Die Kernkompetenzanalyse diente der Unternehmensführung als Grundlage für die Ableitung strategischer Entscheidungen zur Investition in neue Technologien sowie zur strategischen Marktausrichtung des Unternehmens.

Dazu wurden in einem ersten Workshop, gemeinsam mit Fach- und Führungskräften des Unternehmens, sowohl die Wertschöpfungsprozesse als auch die Prozesse der unterstützenden Fachbereiche, beispielsweise Einkauf, Logistik, Vertrieb und Service, strukturiert analysiert. Gegenstand der Analyse war die Aufnahme von Ressourcen, Fähigkeiten und Technologien, die bedeutsam für die Leistungserstellung des Unternehmens sind. Ergebnis des ersten Workshops war eine transparente Übersicht der Ressourcen-, Fähigkeits- und Technologiebasis des Unternehmens aus denen sich potenzielle Kompetenzen ergeben könnten.

Darauf aufbauend wurden in einem zweiten Workshop Kompetenzen des Unternehmens mittels Leitfragen formuliert. Besondere Beachtung fand dabei die Zuordnung der Kompetenzen zu der zuvor identifizierten Technologie-, Fähigkeits- und Ressourcenbasis. Zusätzlich zur Aufnahme

over to the business unit. The process of how the strategy had been designed was also distilled into a manual, and the featured portfolio assessments were automated. When the results of the project were presented to the client, several other business units were also involved to implement the bottom-up dissemination of the technology strategy.

### **Core competence analysis as a foundation for strategic decisions**

The Fraunhofer IPT performed a core competence analysis for a manufacturer of micro-sensors in order to establish and represent the company's range of competences in a structured way before systematically identifying the core competences. For the corporate management, the core competence analysis was meant to serve as a foundation for strategic investment decisions about new technologies and for a strategic positioning of their company on the market.

For this purpose, an initial workshop was conducted together with professionals and managers from the client company, aiming to subject the value-creation processes as well as the processes of supporting departments such as procurement, logistics, sales and customer services to a structural analysis. This analysis focused on the identification of resources, activities and technologies that appeared to have a specific relevance for the business of the client company. This initial workshop produced a clear overview of the resources, activities and technologies that provided the foundation for the possible development of further competences.

In a second workshop, the company's competences were then formulated through a range of key questions, specifically by assigning these competences to the previously identified foundation of resources, activities and technologies. Additionally, the question was asked what competences might have specific relevance for the future competitiveness of the company in



der eigenen Kompetenzbasis wurden auch die aktuellen Megatrends wie Miniaturisierung oder erneuerbare Energien sowie die Kundenanforderungen daraufhin analysiert, welche Kompetenzen in Zukunft für die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens relevant sind. Um in einem zweiten Schritt aus der Menge der vorhandenen und potenziellen Kompetenzen die Kernkompetenzen abzuleiten, wurden die einzelnen Kompetenzen bewertet. Die Bewertung erfolgte in einem Portfolio mit den Dimensionen »wirtschaftliche Attraktivität« und »relative Kompetenzstärke«.

Zur Detaillierung dieser beiden Dimensionen wurde eine unternehmensbezogene Kriterienauswahl getroffen. Dabei stand der Grundsatz im Vordergrund, dass Kernkompetenzen selten, schwer zu substituieren und schwer zu imitieren sind und zudem einen Kundennutzen stiften müssen, um Grundlage nachhaltiger Wettbewerbsvorteile zu sein. Als Ergebnis dieser systematischen Bewertung konnten damit Kernkompetenzen des Unternehmens eindeutig identifiziert und festgehalten werden. Darüber hinaus verhalf die transparente Darstellung von Kompetenzen und Kernkompetenzen – mit ihrer Zuordnung zu konkreten Ressourcen, Fähigkeiten und Technologien – der Unternehmensführung, strategische Entscheidungen zur Pflege und Stärkung von Kompetenzen und Kernkompetenzen abzuleiten

Das Fraunhofer IPT hat mit seinem Vorgehen zur Kernkompetenzanalyse einen fundierten und praktisch anwendbaren Standard geschaffen. Dieses Vorgehen wurde bereits in mehreren Industrieprojekten mit unterschiedlichen Fragestellungen erfolgreich angewandt. So diente die Vorgehensweise beispielsweise als Grundlage für kompetenzbasierte Diversifikationen, der Identifikation von Synergiepotenzialen zwischen Geschäftsbereichen sowie als Grundlage zur Formulierung von Technologiestrategien.

the light of current megatrends such as miniaturization and the increasing importance of renewable energies as well as the resulting rise in customer demand. Individual competences were assessed and evaluated before core competences were selected from the pool of existing and potential competences. This assessment was performed in a portfolio with the dimensions "economic attractiveness" and "relative strength of competence".

In order to detail these dimensions further, company-specific criteria were selected on the premise that a core competence would have to be rare, difficult to substitute and difficult to imitate and that it also would have to create some sort of benefit for the customers, serving as the foundation for creating sustainable competitive advantages. On the basis of this systematic assessment, it was then possible to identify core competences of the company. The transparent representation of competences and core competences – including their assignment to concrete resources, activities and technologies – furthermore allowed the management to agree a policy strategy of cultivating and strengthening the corporate competences and core competences

With its methods of compiling core competence analyses, the Fraunhofer IPT has established a well-founded and practice-oriented standard procedure which has since been successfully applied in several industrial projects with different objectives. The standard procedure has, for example, served as the foundation for competence-based product diversifications, the identification of synergy potentials between business units and the design of technology strategies.

### **Technologie- und Marktpotenzialanalyse – Scanning und Scouting**

Gemeinsam mit einem multinationalen Technologiekonzern hat das Fraunhofer IPT eine groß angelegte Markt- und Technologiestudie zum Thema »Erneuerbare Energien« durchgeführt. Ziel war die Identifikation und Analyse von Technologien vor dem Hintergrund eines möglichen Markteinstiegs des Unternehmens. Dabei bestand die Herausforderung darin, die Synergien des Konzerns als Ausgangsbasis für einen Markteintritt als Systemanbieter zu identifizieren und zu nutzen.

Gemeinsam mit den beteiligten Konzerneinheiten wurden zunächst die Fragen aufgenommen und ein konzernübergreifendes Kompetenzprofil erarbeitet. Anschließend erfolgte eine gezielte Erhebung und Auswertung technologie- und marktseitig relevanter Informationen – unter anderem Technologien, deren Reife, Entwicklungspotenziale, Marktgröße und -wachstum, weltweite Marktverteilung und -strukturen. Nach einer weiterführenden Detailanalyse ausgewählter Komponenten und Systeme wurden technologische Anknüpfungspunkte identifiziert und mit dem unternehmensspezifischen Leistungsspektrum abgeglichen. Ergebnis war eine belastbare Informationsbasis zur Entscheidung über einen möglichen Markteintritt. Da der Eintrittszeitpunkt gerade im Themenfeld der erneuerbaren Energien eine große Rolle spielt, bot das Fraunhofer IPT darüber hinaus nach Beendigung der Markt- und Technologiestudie ein Monitoring relevanter technologischer und marktseitiger Parameter an. Quartalsweise erfolgte dabei eine Aktualisierung der Studienergebnisse bezüglich ausgewählter Parameter wie Förderung, Wirkungsgrade und Stromgestehungskosten.

### **Konsortial-Benchmarking im Einkauf**

Bereits zum vierten Mal führte das Fraunhofer IPT einen groß angelegten Vergleich der besten Einkaufsabteilungen gemeinsam mit einem Konsortium durch. Beteiligt waren die

### **Technology-and market potential analyses – Scanning and Scouting**

Together with a multinational technology corporation, the Fraunhofer IPT conducted a large market and technology survey about “Solar-Thermal Power Generation”, identifying and analyzing the corresponding technologies in order to help the client corporation decide whether or not to commit itself to this market. The key challenge of the project was to identify and to use corporate synergies as a foundation for a market launch as a systems provider.

The Fraunhofer IPT started by defining the issues, in close coordination with the client's relevant business units, and by compiling a Group-wide competence profile before gathering and evaluating technology and market information including information about the maturity of the technologies concerned and their development potentials, the size and the growth rates of the market and the global distribution as well as the structures of the market. Following detailed analyses of selected components and systems, overlaps between the required competences and the corporate range of services were identified. This resulted in a solid foundation of data for further decisions about a possible market launch. Since it is particularly important in the renewable energy sector to select the right moment for such a market launch, the Fraunhofer IPT offered to monitor technologically and economically relevant market parameters after the completion of the survey. Once every three months, the results of the study were updated to reflect new developments affecting subsidy levels, efficiency ratios and electricity production costs.

### **Consortial benchmarking in purchasing**

For the fourth time, the Fraunhofer IPT and a consortium of industrial companies conducted a large-scale review of the best purchasing departments. The corporate consortium consisted of the following members: Demag Cranes AG, Erco GmbH,



Demag Cranes AG, die Erco GmbH, die Getrag Ford Transmissions GmbH, die Herbert Kannegiesser GmbH, die Holcim (Deutschland) AG, die Kion Group GmbH, die Progress-Werk Oberkirch AG, die Rehau GmbH, die Trumpf GmbH & Co. KG und die Windmüller & Hölscher KG. Diese Konsortialpartner legten zu Beginn des Projekts anhand von eigenen Fragen und Herausforderungen die thematischen Schwerpunkte für die Benchmarking-Untersuchung fest. Auf dieser Basis wurden Unternehmen in Europa schriftlich befragt und einer Analyse unterzogen. Das Fraunhofer IPT identifizierte mit dem bewährten Auswertungs- und Auswahlprozess fünf besonders erfolgreiche Unternehmen, die eine Auszeichnung erhielten.

Hervorragende Vorgehensweisen im Einkauf fanden sich bei den fünf Siegern MTU Aero Engines GmbH, Vaillant Group, Vorwerk Elektrowerke GmbH & Co. KG, 3M Deutschland GmbH und Johnson Controls GmbH. Als weitere Ergebnisse des achtmonatigen Benchmarking-Prozesses, in dem das Fraunhofer IPT und die Konsortialpartner intensiv Ansätze und Vorgehensweisen im Einkauf analysierten, bildeten sich zehn allgemeine Erfolgsfaktoren für Einkaufsorganisationen heraus:

1. Durch Vernetzung Einkaufswissen umfassend nutzen
2. Mit Tools Prozesse zum Leben erwecken
3. Der Einkauf beginnt vor dem Einkufen
4. Die Lieferantenbasis von morgen schon heute ausrichten
5. Konsequentes Lieferantenmanagement durch verbindliche Leitlinien
6. Lieferantenentwicklung ist Einkaufsentwicklung
7. Wer gestalten will, muss Kosten verstehen
8. Einsparpotenzialen einen Namen geben
9. Keine Illusionen beim Rohstoffpreismanagement
10. Jeder Einkauf ist anders – Chancen nutzen, die gegeben sind

Im Vergleich zu den vorangegangenen Benchmarkings im Einkauf zeigte dieses Projekt besonders die Bedeutung des strategischen Einkaufs als integrierte Funktion im Unterneh-

Getrag Ford Transmissions GmbH, Herbert Kannegiesser GmbH, Holcim (Germany) AG, Kion Group GmbH, Progress-Werk Oberkirch AG, Rehau GmbH, Trumpf GmbH & Co. KG and Windmüller & Hölscher KG. At the beginning of the project, these consortium partners established the key topics for the benchmarking survey, identifying the relevant issues and challenges which provided the basis for the written questions that were put to companies all over Europe and for the subsequent analysis. It was left to the Fraunhofer IPT to use its tried and tested evaluation and selection process to recommend five specifically successful companies for an award.

The five prizes for excellent purchasing practices were awarded to MTU Aero Engines GmbH, Vaillant Group, Vorwerk Elektrowerke GmbH & Co. KG, 3M Deutschland GmbH and Johnson Controls GmbH. The eight-month benchmarking exercise – under which the Fraunhofer IPT and its consortium partners subjected purchasing approaches and practices to thorough analyses – also identified the following ten general principles or recommendations for a successful purchasing department:

1. Use networking to exploit all purchasing know-how that may exist within the organization.
2. Use tools to bring processes to life.
3. Sourcing begins before the actual purchase.
4. Align tomorrow's supplier base today.
5. Establish binding guidelines for a rigorous supplier management.
6. Supplier development is procurement development.
7. Before you can have an active impact on developments, learn to understand cost structures first.
8. Give a name to cost-cutting potentials.
9. Do not give into illusions when conducting raw material management.
10. Each purchase is different – take advantage of specific opportunities.

men auf. Der Einkauf ist nicht nur in wichtige Entscheidungsprozesse der Wertschöpfung eingebunden, sondern gestaltet aktiv Entscheidungen mit. Gerade durch eine frühzeitige und gemeinsame Planung von Technologie- und Produktentwicklung sowie Produktion und Qualitätssicherung verringert der Einkauf Kosten und erzielt durch sein umfangreiches Wissen über Rohstoffpreise, Lieferanten und Beschaffungsmärkte bessere Entscheidungsergebnisse. Damit trägt der Einkauf dazu bei, den Unternehmenserfolg zu sichern und stärkt langfristig seine eigene Position im Unternehmen.

#### **In-house-Schulung zur Materialkostenoptimierung**

Im Auftrag eines Maschinenbauers führte das Fraunhofer IPT eine Schulung zur bewährten Kostenanalysemethode »Linear-Performance-Pricings (LPP)« durch. Ziel der Schulung war es, die strategischen Einkäufer des Unternehmens zur Anwendung dieser statistischen Analysemethode zu befähigen. In der Schulung wurde ein vom Fraunhofer IPT entwickeltes Analysetool eingesetzt und auf konkrete Materialgruppendaten des Unternehmens zurückgegriffen.

In einem ersten Schritt wurden gemeinsam die Ziele und das Vorgehen der Schulung abgestimmt und eine Übersicht über die zur Analyse geeigneten Bauteile geschaffen. Anschließend fanden zwei von einander getrennte Schulungstage im Unternehmen vor Ort statt. Am ersten Schulungstag erarbeiteten die Schulungsteilnehmer die theoretischen Grundlagen der Methode LPP und erlernten die Anwendung des Analysetools. Auf dieser Basis wurden noch am selben Tag die Daten zur Kostenanalyse identifiziert und Datenquellen in einem Workshop festgelegt. Bis zum zweiten Schulungstag sammelten die Schulungsteilnehmer die erforderlichen Analysedaten und erstellten erste Auswertungen mit dem Analysetool. Am

Relative to the previous benchmarking exercises, the latest purchasing review emphasized the importance of strategic sourcing as an integrated corporate function. Not only is the sourcing process integrated into key decisions about the value-creation chain, it is also actively shaping the decision-making process. By integrating the technology and production development planning processes with the plans for the production itself and the quality assurance function at an early stage, the procurement department can help to reduce costs and inform the decision-making process with its comprehensive knowledge of raw material prices, suppliers and markets. This way, the purchasing departments can contribute to the long-term success of the enterprise, demonstrating its importance and strengthening its own position within the corporate structure.

#### **In-house training in material cost optimization**

On behalf of a heavy engineering manufacturer, the Fraunhofer IPT conducted a course to train staff in the application of the well-known "Linear-Performance-Pricings (LPP)" cost analysis technique. The course, designed for staff members of the client company's strategic sourcing department, was based on an analysis tool that had been developed by the Fraunhofer IPT and used concrete material group data provided by the corporate client.

After targets and processes of the course had been agreed and an overview of the components that would be subjected to the analysis had been compiled, two sessions were conducted at the client company's premises on two separate days. On Day One, the participants familiarized themselves with the theoretical foundations of the LPP technique and learned how to use the analytic tool before – still on the same day – identifying the data for the cost analysis and the data sources as part of a workshop exercise. The participants were then given



zweiten Schulungstag konnten sie dann die selbstständig erstellten Kostenanalysen mit Unterstützung des Fraunhofer IPT auswerten und verfeinern. Im Team wurden schließlich Kostenoptimierungspotenziale identifiziert und Optimierungsmaßnahmen festgelegt.

Die Mischung aus theoretischen Grundlagen und praktischer Anwendung erlaubte es den Schulungsteilnehmern bereits am ersten Schulungstag, Analysen eigenständig durchzuführen und das Analysetool sicher zu bedienen. Durch die individuelle Ausrichtung der Schulung konnten die strategischen Einkäufer direkt den Nutzen der Methode an den eigenen Bauteilen erleben. Dies motivierte die Einkäufer nicht nur zur weiteren Anwendung der Methode, sondern zeigte ihnen auch Potenziale zur Kostenoptimierung in der eigenen Materialgruppe auf. Durch die konkrete Definition von Optimierungsmaßnahmen konnten die Einkäufer direkt mit der Umsetzung dieser ausgewiesenen Potenziale starten.

time to collect the data for the analysis and to perform a first assessment with the analytic tool before conducting a more detailed analysis (and evaluating their results) on Day Two with the assistance of experts from the Fraunhofer IPT. The team together proceeded to identify cost optimizing potentials and optimization initiatives.

The combination of theoretical and practical elements allowed the course participants to perform their own analyses and to handle the analytic tool already on Day One. The customization of the course to their own specific requirements enabled the strategic sourcing staff to experience at first hand what value the method can assume for their own work. This provided motivation for the participants to apply the new method, helping them to identify potentials for cost optimizations in their own material groups, while the implementation of concrete optimization measures allowed them to exploit these potentials with immediate effect.

**UNSERE AUSSENSTELLEN**  
**OUR BRANCH OFFICES**



Aachen ist eines der wichtigsten Zentren der Produktionstechnik. Das Fraunhofer IPT bietet seine Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen darüber hinaus auch an weiteren Standorten im In- und Ausland an:

Die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik befasst sich als Institutsteil des Fraunhofer IPT in Paderborn mit der Entwicklung mechatronischer Systeme.

Im Fraunhofer Project Center for Coatings in Manufacturing PCCM entwickeln wir gemeinsam mit dem Centre for Research & Technology Hellas CERTH in Thessaloniki/Griechenland Schichtsysteme für den industriellen Einsatz.

Das Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI arbeitet eng mit dem Fraunhofer IPT zusammen. Am Standort Boston/USA bieten wir unseren Kunden nicht nur produktionstechnische Forschungs- und Entwicklungsleistungen vor Ort, sondern auch einen nachhaltigen Technologietransfer zwischen der europäischen und der amerikanischen Industrie.

Aachen is one of the most important centers of production technology. The Fraunhofer IPT also provides its research and development services through other locations in Germany and abroad:

The Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design as the Paderborn branch of the Fraunhofer IPT works on the development of mechatronic systems.

At the Fraunhofer Center for Coatings in Manufacturing Project PCCM in Thessaloniki/Greece, we cooperate with the Centre for Research & Technology Hellas CERTH to develop coatings for industrial use.

The Fraunhofer CMI works closely with the Fraunhofer IPT. At our Boston/USA site location we offer our customers not only production technology research and development services on site, but also a sustainable technology transfer between European and American industry

#### **108 Paderborn**

Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik  
Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design

#### **112 Thessaloniki/GR**

Fraunhofer Project Center for Coatings in  
Manufacturing PCCM

#### **114 Boston/USA**

Fraunhofer Center for Manufacturing Innovation CMI

# FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE ENTWURFS- TECHNIK MECHATRONIK

## FRAUNHOFER PROJECT GROUP MECHATRONIC SYSTEMS DESIGN

Die Paderborner Projektgruppe verfügt über herausragende Kompetenzen auf dem Handlungsfeld »Intelligente Technische Systeme« und konzentriert sich auf den Entwurf mechatronischer Systeme und die Konzeption der dafür notwendigen Produktionssysteme. So helfen wir Unternehmen, den Wandel zur Mechatronik zu vollziehen und innovative Erzeugnisse zu realisieren.

Wir fokussieren uns auf drei Kompetenzfelder: »Produktentstehung«, »Regelungstechnik« und »Softwaretechnik«. Unsere Forschungsschwerpunkte reichen damit von Methoden und Werkzeugen für die Entwicklung mechatronischer Produkte über modellbasierte Entwürfe für intelligente und effizient entwickelte Systeme bis hin zu Softwarelösungen.

### Unsere Leistungen

- Optimierung der Mechatronikentwicklung
- Integration von Mechanik und Elektronik durch MID
- Präventiver Schutz vor Produktpiraterie
- Entwicklung intelligenter geregelter Fertigungsmaschinen und -prozesse
- Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme
- Funktionale Sicherheit mechatronischer Systeme
- Gestaltung durchgängiger, modellbasierter Softwareentwicklungsprozesse
- Modellbasierte Softwarequalitätssicherung

### Kontakt/Contact

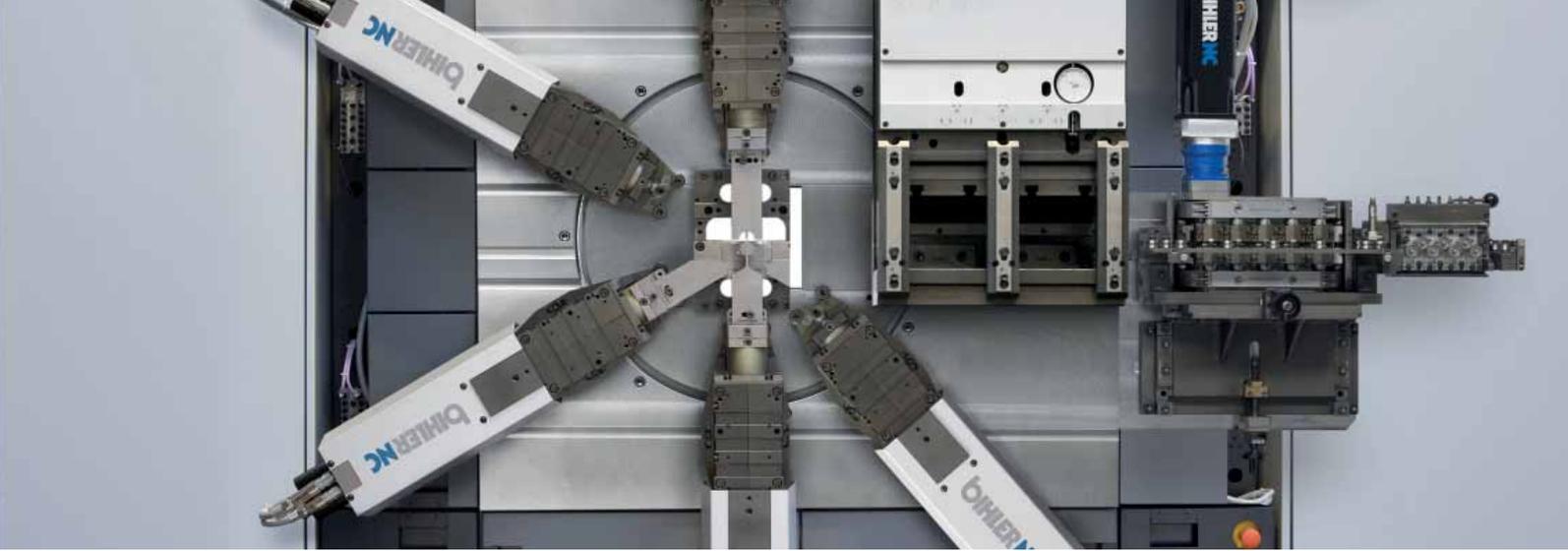
Dipl.-Ing. Michael Grafe  
Telefon/Phone +49 5251 5465-104  
michael.grafe@ipt.fraunhofer.de

The Paderborn-based project group features highly skilled members who have many years of experience with "Intelligent Technology Systems" and concentrates on the design of mechatronic systems and their production structures. This is how we help enterprises to convert their operations to a mechatronic environment and to manufacture innovative products.

We focus on three areas of expertise: "Product engineering", "Control engineering" and "Software engineering". Our research activities cover methods and tools for the development of mechatronic products, model-based designs for intelligent and efficiently developed systems and software solutions.

### Our services

- Optimization of mechatronic development
- Integration of mechanics and electronics through MID
- Protection against intellectual property theft and piracy
- Development of manufacturing equipment and processes with intelligent control functions
- Modelling and simulation of dynamic systems
- Functional safety of mechatronic systems
- Design of integrated and model-based software development processes
- Model-based software quality assurance



## **Mechatronik – Intelligente technische Systeme für den deutschen Maschinenbau**

Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus stehen vor der Herausforderung, in ihren Produkten den Wandel von der Mechanik zur Mechatronik zu vollziehen. Dieser Wandel ist zwingend erforderlich, um sich weiterhin auf dem Weltmarkt zu behaupten. Gefragt sind neue Methoden und Werkzeuge, die eine zielgerichtete und kosteneffiziente Entwicklung und Produktion mechatronischer Systeme und Komponenten ermöglichen. Diese Produkte umfassen eine große Bandbreite, wobei sich drei Hauptklassen herauskristallisiert haben: Die erste Klasse beruht auf der räumlichen Integration von Mechanik und Elektronik. Ziel ist es hier, eine hohe Anzahl mechanischer und elektronischer Funktionsträger in einem kleinen Bauraum zu integrieren. Die Aufbau- und Verbindungstechnik steht hier im Vordergrund. Bei der zweiten Klasse geht es um die Verbesserung des dynamischen Verhaltens, die zentrale Aufgabe bei der Entwicklung ist die Regelungstechnik. Die dritte Klasse beschreibt Systeme, die sich dynamisch mit anderen Systemen vernetzen und koordinieren, also über eine inhärente Teilintelligenz verfügen. Solche Systeme verfügen über einen hohen Softwareanteil. Die Software in der gebotenen Qualität effizient zu entwickeln ist Aufgabe der Softwaretechnik. Die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik vereint die erforderlichen Kompetenzen in den Ingenieurwissenschaften und der Informatik. In Kombination mit adäquaten, disziplinübergreifenden Entwurfstechniken ermöglicht dies den effizienten Entwurf intelligenter technischer Systeme für die Märkte von morgen.

### **Spitzencluster »it's OWL«**

Der Cluster »it's OWL – Intelligente Technische Systeme Ost-WestfalenLippe« ist einer von 15 Spitzenclustern in Deutschland, die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung ausgezeichnet wurden. 174 Unternehmen, Hochschulen, Forschungszentren und Organisationen entwickeln und pro-

## **Mechatronics – Intelligent technology systems for German engineering companies**

Engineering companies and manufacturers of industrial facilities face the challenge of having to convert their products from the principles of mechanics to those of mechatronics. This change is imperative for any company that wants to remain a player on tomorrow's global market. New methods and new tools are required that can develop and produce mechatronic systems and components at competitive prices. Such products cover a wide range, but three main categories can be distinguished: Category one consists of devices that integrate mechanical and electronic systems in the same space. The challenge here is to pack a large number of such functional elements into a small space, putting a premium on construction and interconnection technology. Category two is all about improving dynamic properties, and its key technology is cybernetics. Category three covers systems that form dynamic networks with other systems and that coordinate, for example systems that are at least partly "intelligent". Systems such as these depend to a large extent on software, and software technology has the task of efficiently developing software products that can deliver the required functionalities. The Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design has members with the required skill profiles in engineering sciences and informatics. When combined with adequate, cross-discipline design techniques, this mix enables the group to design competitively priced intelligent technology systems for tomorrow's markets.

### **Leading-Edge Cluster "it's OWL"**

The cluster "it's OWL – Intelligent Technology Systems OstWestfalen-Lippe" is one of 15 so-called "Leading-Edge Clusters" in Germany that have received an award from the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). In the OWL region of East Westphalia near the river Lippe, 174 companies, universities, research institutions and

duzieren am Hightech-Standort OWL gemeinsam intelligente Lösungen für die Märkte von morgen. Der Spitzencluster leistet im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung einen entscheidenden Beitrag zur Produktionsforschung, um Wachstum und Beschäftigung am Standort Deutschland zu sichern. Die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik ist in Teilprojekten sowie in das Management des Spitzenclusters maßgeblich eingebunden.

#### **Neue Generation von Kompaktsteuerungen für Maschinen und Anlagen**

In Kooperation mit der Phoenix Contact Deutschland GmbH hat die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik weitere Schritte zu einer effizienten Planung hochautomatisierter Anlagen unternommen. Phoenix Contact ist Weltmarktführer im Bereich Automatisierung mit Sitz in Blomberg. Automatisierung beschreibt das selbstständige Funktionieren von Anlagen, beispielsweise die autonome Reaktion auf sich ändernde Umweltbedingungen. Das funktioniert, indem Sensoren mehrmals pro Sekunde Messwerte an eine Steuerung weitergeben. Diese berechnet die Werte und entscheidet, wie die Anlage weiterarbeiten oder reagieren soll. Anwendungsbeispiele finden sich in Windkraftwerken, die selbst auf Windrichtung und -stärke reagieren. Damit solche Anlagen präzise und zeitgenau arbeiten, müssen intensive Berechnungen durchgeführt werden, die leistungsfähige Steuerungen voraussetzen. Bisher konnte erst nach oder zum Ende der Entwicklung solcher Anlagen ermittelt werden, wie leistungstark die Steuerungen sein müssen. Das erforderte kosten- und zeitintensive Tests. Die Paderborner Projektgruppe entwickelte jetzt Methoden und Werkzeuge, die die Auslastung von Steuerungen im Vorhinein bestimmen können. Dafür werden alle umliegenden Einflüsse detailliert am Computer simuliert. So ist zu erkennen, ob die vorgegebenen Berechnungszeiten einzuhalten sind, wie hoch die Auslastung ist und wo Optimierungspotenziale liegen. Im Ergebnis werden so Zeit und Kosten gespart. Auch erlaubt die neue

organizations are jointly designing and developing intelligent solutions for tomorrow's markets. The Leading-Edge Cluster is making an important contribution to the high-tech strategy of the federal government, researching new production technologies to guarantee growth and employment across the German industry. The Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design is closely involved in these activities, both through sub-projects and the management of the Cluster itself.

#### **New generation of compact controls for equipment and facilities**

In cooperation with Phoenix Contact Deutschland GmbH, the Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design has paved the way for more efficient planning processes of highly automated facilities. Phoenix Contact, based in Blomberg, is the leading provider on the global market for automation. Automated facilities can function without any external input, for example react to changing conditions in their environment. This is achieved by sensors that conduct certain measurements several times per second and forward these values to a central control unit which determines – based on these values – any further course of action. Examples for such facilities include wind farms that react to the force and the prevailing directions of the wind. Detailed calculations which ensure that such facilities work properly and with the necessary precision require high-performance control systems. Until recently, however, it was difficult to establish in advance what type of “high performance” these control systems actually had to provide – this only became clear when the facilities in question were nearing completion and, at any rate, required expensive and time-consuming tests. The Fraunhofer project group has now developed tools and techniques of determining much earlier what the control systems need to deliver. For this purpose, all factors with a potential impact on the performance profile are simulated in computer programs – allowing the engineers to establish whether the calculation time targets can be reached, how high the workload will probably be and how to exploit



Entwicklung ein effizienteres Arbeiten, da die gewonnenen Informationen direkt als Entscheidungsgrundlage mit in die Planung von Anlagen einbezogen werden. In Zukunft sollen diese Simulationen auch stärker für die Weiterentwicklung verwendet werden und so Qualität und Leistungsfähigkeit der kommenden Produktgenerationen verbessern.

### **Intelligente Serienproduktion**

Gemeinsam mit der Weidmüller GmbH & Co. KG aus Detmold und der Otto Bihler Maschinenfabrik GmbH aus Halblech hat die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik ein selbstkorrigierendes Stanz-Biege-Werkzeug für die Herstellung von Biegeteilen aus hochfesten Werkstoffen entwickelt. Auf diese Weise wurden nicht nur die langen Einrichtungszeiten der Maschine verkürzt, sondern auch der Ausschuss in der Produktion, der oft auf Formabweichungen von Bauteilen zurückzuführen ist, erheblich verringert. Das Stanz-Biege-Werkzeug korrigiert sich mittels ausgefeilter Messtechnik und eines eigens dafür entwickelten Softwareprogramms selbst. Beim Stanzen und Biegen von Serienbauteilen treten immer wieder Formabweichungen auf. Sie können auf Verschleiß in der Maschine oder auf eine schwankende Qualität des Rohmaterials zurückgeführt werden. Mit der eingesetzten Messtechnik, wie einer Hochgeschwindigkeitskamera, können die Abweichungen schon innerhalb des Produktionsprozesses entdeckt werden. Innerhalb des Prozesses sorgt die Software dafür, dass das Werkzeug nachjustiert wird, bevor das Toleranzmaß überschritten wird. So wird der Ausschuss verhindert und es ist kein Anhalten der Maschine nötig. Der Produktionsprozess kann so ungestört ablaufen und auch die nachgelagerte Qualitätssicherung entfällt, da sie nun in den Produktionsprozess integriert ist. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in Zukunft auch auf andere Produktionsprozesse übertragen.

potentials for further optimizations. Not only does this serve to save time and costs, it also makes the whole process of development more efficient since any newly acquired information can be directly used as the foundation for decisions about the planning of new facilities. For the future, it is planned to use such computer simulations also for the further development of existing solutions, improving the quality and performance of the next generation of products.

### **Intelligent series production**

Together with Weidmüller GmbH & Co. KG (Detmold) and Otto Bihler Maschinenfabrik GmbH (Halblech), the Fraunhofer Project Group Mechatronics Systems Design has developed a self-correcting stamping and bending tool for the production of bending parts from high-strength materials. The engineers managed to shorten the equipment's previously long configuration times and to reduce the number of components that were rejected due to geometrical and, for example mis-shaped, variations. Thanks to its sophisticated measuring technology and a customized software program, the new stamping and bending tool is capable of correcting its own errors. During the stamping and bending of large production series, geometrical variations will always occur – be it as a consequence of uneven wear inside the machine or due to different quality levels of the raw material input. The metrology – featuring a high-speed camera – that has been integrated into the new tool, however, enables the engineers to identify any deviation from the specifications during the production process. The software then makes sure that the tool is readjusted before the threshold of permissible variation is exceeded. This helps to cut down the number of rejects, and there is no need to stop the equipment and to interrupt the production process. On top of that, no additional quality assurance operating step is required because QA has already been integrated into the production sequence itself. The results of the research will in the future be used to inform other production processes, too.

# FRAUNHOFER PROJECT CENTER FOR COATINGS IN MANUFACTURING PCCM – GRIECHENLAND GREECE

Beschichtete Zerspan- und Umformwerkzeuge kommen bis heute nur selten in anspruchsvollen Anwendungen zum Einsatz, da die Schichteigenschaften exakt an die Bedingungen der jeweiligen Anwendung angepasst werden müssen. Ist dies nicht der Fall, können die Werkzeuge durch die Beschichtungen keine höhere Leistung erzielen. Eine große Herausforderung ist es daher, ohne aufwändige und teure Praxistests sicherzustellen, dass neu entwickelte Beschichtungen zuverlässig in der Produktion eingesetzt werden können. Das Fraunhofer Project Center for Coatings in Manufacturing PCCM, eine Kooperation des Fraunhofer IPT und des Centre for Research & Technology Hellas CERTH, entwickelt zu diesem Zweck neue Prüfsysteme und Methodiken, mit denen sich die Leistungsfähigkeit der Beschichtungen schnell und anwendungsbezogen untersuchen lässt.

## Unsere Leistungen

- Entwicklung hochleistungsfähiger und an die Anwendung angepasster Schichtsysteme
- Entwicklung von Methoden zur Schichtanalyse
- Simulation der Schichteigenschaften
- Anwendungsorientierte Qualifizierung von Zerspanwerkzeugen
- Ermittlung optimaler Prozessparameter
- Prozessbezogene Standzeitermittlung von Beschichtungen
- Qualifizierung und Zertifizierung von Beschichtungen

## Kontakt/Contact

Dipl.-Ing. Marc Busch  
Telefon/Phone +49 241 8904-701  
marc.busch@ipt.fraunhofer.de

The use of coated cutting and molding tools in high performance applications is still limited, because the coating properties have to be customized to suit the requirements of each individual application. If this is not done, an improvement of the tool performance cannot be guaranteed. The challenge is to ensure the reliability of newly developed coatings in a production environment, without resorting to the currently used extensive and expensive practical testing. To meet this challenge, the Fraunhofer Project Center for Coatings in Manufacturing PCCM, a co-operation by the Fraunhofer IPT and the Centre for Research & Technology Hellas CERTH develops new testing systems and qualification techniques.

## Our services

- Development of high-performance and customized coating systems
- Development of techniques to perform coating analyses
- Simulation of coating properties
- Application-oriented qualification of milling tools
- Identification of optimum process parameters
- Establishment of the process-specific coating lifetimes
- Qualification and certification of coatings



Im Fraunhofer PCCM bringt das Fraunhofer IPT seine Expertise in Produktionstechnologien wie der Hochleistungszerspanung oder dem Präzisionsblankpressen von Glasoptiken ein, das CERTH seine einzigartige Analysemethodik für beschichtete Werkzeuge, die auf anwendungsorientierten Testmethoden basiert. Die Kombination aus beidem bildet ein Kompetenzzentrum zur Prüfung und Zertifizierung beschichteter Werkzeuge für anspruchsvolle Anwendungen, das europaweit seinesgleichen sucht.

#### **Beschichtungen für das Präzisionsblankpressen**

Die hohen thermischen, mechanischen und chemischen Belastungen während des Präzisionsblankpressens komplex geformter Glasoptiken führen zu vorzeitigem Werkzeugverschleiß. Spezielle Schutzschichten können die Standzeit der Werkzeuge deutlich verlängern und so die Wirtschaftlichkeit des Prozesses um ein Vielfaches verbessern. Das Fraunhofer PCCM arbeitet an der Entwicklung und systematischen Qualifizierung von Beschichtungen mit geringen Wechselwirkungen zum Glas. Durch modernste Sputter-PVD-Beschichtungstechnologie lassen sich sowohl keramische als auch Edelmetallschichten in höchster Qualität abscheiden, die für verschiedene Substrat- und Glassorten optimiert sind.

#### **Beschichtungen für die Hochleistungszerspanung**

Die hohen thermomechanischen Belastungen während der Zerspanung schwer zu bearbeitender Materialien führen ebenfalls zu einem erhöhten und diskontinuierlichen Werkzeugverschleiß. Durch geeignete Beschichtungssysteme und vor allem durch eine ganzheitliche Abstimmung des Gesamtsystems »Werkstück – Werkzeug – Prozessparameter« gelingt es, die Leistungsfähigkeit von Fräsprozessen deutlich zu steigern. Um die Fräsprozesse systematisch und anwendungsorientiert auszulegen, entwickelte das Fraunhofer IPT einen Prüfstand, mit dem sich die Vorgänge während der Spanbildung im Analogieversuch detailliert analysieren lassen. So können präzise Rückschlüsse für die Fräsprozessauslegung gezogen werden.

The Fraunhofer PCCM is a joint initiative by the Fraunhofer-Gesellschaft and the CERTH. By combining the Fraunhofer IPT's extensive know-how of demanding production technologies such as the machining of aerospace materials or precision-glass molding with the CERTH's unique methodology for analyzing coated tools and components through application-specific testing methods, we have established a competence center for the testing and qualification of coated tools and components in demanding applications that is unique and unrivalled in the whole of Europe.

#### **Coatings for precision glass molding tools**

The high thermal, mechanical and chemical stresses applied during the precision glass molding of complex-shaped optical components cause the molding tools to wear prematurely. Special protective coatings significantly increase the lifetime of the molding tools and, in turn, the profitability of the process. The Fraunhofer PCCM is working on the development and systematic qualification of coatings that only interact little with glass. Top quality ceramic and noble metal coatings are deposited through state-of-the-art sputtering PVD coating technology. These coatings are optimized for different substrate and glass types.

#### **Coatings for high performance cutting tools**

The high levels of thermo-mechanical stress during the cutting of hard-to-machine materials also cause an increased and discontinuous tool wear. The application of adapted coating systems and in particular the integrated adjustment of the total "workpiece – tool – process parameter" allows a drastic enhancement of the milling process performance. In order to realize a systematic and application-oriented process design, a new type of test bench was developed at the Fraunhofer IPT. This analogy test bench facilitates the detailed analysis of the occurring phenomena during the chip formation process, and precise conclusions for the milling process design can be derived.

# FRAUNHOFER CENTER FOR MANUFACTURING INNOVATION CMI – USA

Gemeinsam mit der Boston University erforscht und entwickelt das Fraunhofer CMI am Standort Boston/USA produktionstechnische Lösungen für ein weites Branchenspektrum – von der Biotechnologie und Biomedizintechnik über die Photonik bis hin zu den erneuerbaren Energien. Ingenieure, Hochschulpartner und Studierende arbeiten am Fraunhofer CMI gemeinsam daran, die Ergebnisse der Grundlagenforschung in industrietaugliche Praxislösungen zu überführen, die von lokalen wie globalen Kunden und Projektpartnern genutzt werden. Im Mittelpunkt der Entwicklungsarbeiten stehen hochpräzise Automatisierungssysteme für Hightech-Anwendungen sowie medizintechnische Instrumente.

## Unsere Leistungen

- Produktentwicklung
- Entwicklung und Aufbau hochpräziser Automatisierungslösungen
- Laboruntersuchungen und -instrumente

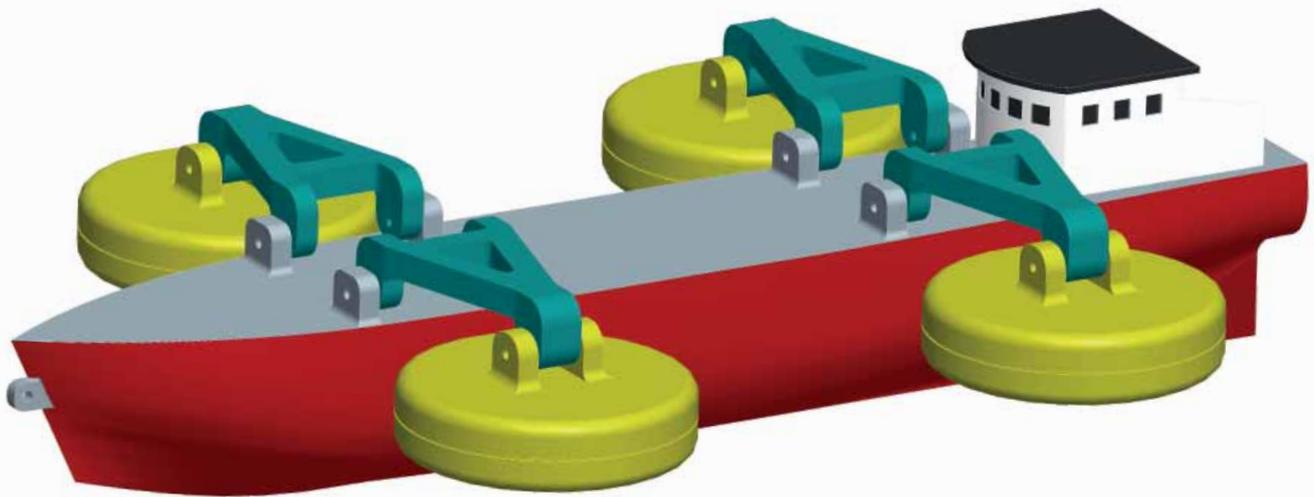
## Kontakt/Contact

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

In collaboration with Boston University, Fraunhofer CMI conducts advanced research and development leading to engineering solutions for a broad range of industries, including biotech/biomedical, photonics, and renewable energy. Engineers, faculty, and students at the Center scale up basic research into advanced technologies that meet the needs of both domestic and global client companies. The primary focus is on the development of next-generation high-precision automation systems, instruments and medical devices.

## Our services

- Product development
- Design and build of high precision automation solutions
- Laboratory assays and instruments



### Mobile Energiegewinnung aus Meereswellen

Konventionelle Ansätze, mit denen Energie aus Meereswellen gewonnen werden soll, scheitern bis heute an verschiedenen Hindernissen: den teuren Unterwasser-Kabeln zur Energieübertragung, Sturmempfindlichkeit und daran, dass die gewonnene Energie nicht immer zum Zeitpunkt des höchsten Bedarfs zur Verfügung steht. Diese Faktoren tragen dazu bei, dass diese Art der Energiegewinnung bis heute nicht wirtschaftlich genutzt wird. Aus diesem Grund treiben auch nicht marktwirtschaftliche Überlegungen die Technologie voran, sondern allenfalls staatliche Initiativen.

Die Forscher des Fraunhofer CMI haben nun eine alternative Methode entwickelt, Energie aus Meereswellen zu gewinnen. Sie setzen dafür auf ein Boot mit einem eingebauten System zur Energiegewinnung, das die Energie zunächst an Bord speichert. Solch ein System besteht aus einem Boot von 50 Meter Länge, das bis zu einem Megawatt aus der Wellenenergie gewinnen und bis zu 20 Megawattstunden Energie speichern kann. Das Boot kann damit besonders geeignete Orte auf hoher See direkt ansteuern, in rund 20 Stunden die Speicher befüllen und nach seiner Rückkehr in den Hafen an das Energienetz angeschlossen werden. So lässt sich die gespeicherte Energie zum gewünschten Zeitpunkt im Netz bereitstellen. Erste Berechnungen versprechen einen Strompreis von rund elf Cent pro Kilowattstunde.

Das neue Konzept des Fraunhofer CMI umfasst ein modular aufgebautes, verteiltes Energiesystem mit einer Vielzahl kleiner Schiffe, die die Wellenenergie entlang der gesamten Küste aufnehmen. Energie lässt sich damit in unmittelbarer Nähe des Verbrauchs gewinnen, so dass kaum neue Infrastruktur aufgebaut werden muss – ganz im Gegensatz zu den heutigen Plänen beim Einsatz von Windkraft. Ebenso sind keine speziellen Docks für die Schiffe erforderlich, da die Schiffe an normalen Yachthäfen anlegen können.

### Mobile Wave Energy Harvesting System

Conventional approaches to harvesting energy from ocean waves and currents suffer from at least three major drawbacks: expensive underwater power transmission cables, storm damage susceptibility, and energy output is not delivered at times of peak load. These factors translate into high electricity cost/kWh. Consequently, market economics do not drive the deployment and use of ocean energy, and the technology is only moving forward through government incentives.

Researchers at the Fraunhofer CMI have been exploring an economically viable, alternative method of harvesting ocean wave energy, comprised of a boat with an on-board wave energy harvesting system, and on-board energy storage capacity. A typical system consists of 50 meter boat with 1 MW capacity wave energy harvesting equipment and 20 kWh of energy storage capability. Operationally, the boat cruises to a favorable location off-shore, harvests energy for approximately 20 hours, cruises back to shore, connects to the electricity grid, and releases the stored energy during high demand periods. Preliminary calculations promise electricity cost of 15 cents per kWh.

The proposed concept is a modular, distributed energy system in which numerous such small boats harvest wave energy off the entire coast-line. This means that the energy is produced near the point of use, eliminating the need for new infrastructure, like high power transmission lines typically needed for wind energy, or special docking facilities, as conventional marinas suffice.

The technical and economic feasibility of mobile wave energy harvesting and storage was investigated using dynamic modeling as well as small-scale wave pool experimentation. A myriad of energy storage technologies, including flywheels, ultra-capacitors, compressed gas, thermal storage, gravity, osmosis, in addition to a range of battery technologies, were evaluated

Das Fraunhofer CMI hat die technische und ökonomische Umsetzbarkeit des mobilen Energiegewinnungsverfahrens und der Speichertechnologie in einem dynamischen Rechenmodell und mit maßstabsgetreuen Schiffen in einem Seegangsbecken erprobt. Eine Vielzahl an Speichertechnologien, von Schwungrädern über Hochleistungs-Kondensatoren und komprimierten Gasen bis hin zu thermischen, Gravitations- und Osmose speichern untersuchte das Fraunhofer CMI hinsichtlich Energiedichte, Gewicht, Platzbedarf und allgemeinen Kosten. Außerdem wurden verschiedene Technologien zur Energiegewinnung untersucht, etwa Bojensysteme, Wellenbrecher und andere bewegliche Konzepte, um die Relativbewegung zwischen Schiff und Energiegewinnungssystem bei unterschiedlichen Bedingungen auf See zu nutzen.

Die Ergebnisse überraschten die Forscher: Blei-Akkus sind hier zwar zunächst kostengünstig, bezogen auf den Preis pro Kilowattstunde, müssen jedoch häufig ersetzt werden. Die weniger bekannten Natrium-Schwefel-Akkus erwiesen sich schließlich als bessere Alternative, die bekannten Lithium-Ionen-Akkus belegten Platz zwei.

Doch die Akkus kamen nicht als einzige Speichertechnologie in Betracht. Auch Druckluft oder thermische Systeme, die auf Salzschnmelze setzen, wurden eingehend untersucht. Jede dieser Technologien erfordert es jedoch, die Ausgangsenergie für das Speichermedium passend umzuwandeln, beispielsweise mittels eines Kompressors, und diese vor der Übertragung in das Energienetz wieder zurück zu konvertieren, etwa anhand von Dampfturbinen. Bei Betrachtung der Gesamtkosten erwies sich schließlich die Akkutechnologie als die Günstigste.

Das Fraunhofer CMI hat nun ein System bestimmt, das auf kostengünstige Weise die Meeresenergie nutzen kann und nicht unter den typischen Hindernissen der bisher genutzten Systeme leidet.

in terms of energy density, weight, space, and overall system cost. Additionally, a number of different wave harvesting technologies were dynamically evaluated, including heaving point absorbers, pitching/surging converters, and articulated concepts, in order to optimize relative motion between the boat and the harvesters for different wave length conditions.

The analysis showed some surprising results. Lead acid batteries have a very low \$/kWh price, but are actually more expensive in the long term due to necessarily frequent replacement. Overall, the relatively unknown NaS (sodium sulfur) battery technology was found to be the most cost effective with the well-known Li-Ion battery technology being a close second.

But batteries are not the only possible storage technologies, there is also compressed air and thermal storage (molten salt) under consideration. For each technology, one piece of hardware is needed to convert the energy into the right form for storage, e.g. a compressor. Furthermore, another piece of hardware is needed to convert the energy from the stored form into grid electricity, e.g. a steam turbine generator. When overall system cost is taken into account, battery storage is seen to be most cost-effective.

Thus, the proposed system under investigation provides a new, economically viable ocean energy harvesting system that does not suffer from the typical drawbacks associated with ocean energy.

#### **Filling of components under vacuum conditions**

The Fraunhofer CMI developed a new system for filling and injection of components under vacuum conditions and lower injection pressures. Vacuum can be an important environmental factor for many applications to avoid entrapped air, especially at lower injection pressures required for delicate

## Füllen von Bauteilen unter Vakuumbedingungen

Das Fraunhofer CMI hat ein neues System entwickelt, mit dem sich Bauteile unter Vakuum mit niedrigem Druck befüllen lassen. Vakuum kann bei vielen Anwendungen eine wichtige Umgebungsbedingung sein, wenn etwa bei empfindlichen Komponenten Lufteinschlüsse vermieden werden sollen, die Materialdefekte oder sichtbare Mängel am Bauteil hervorrufen können. Das System des Fraunhofer CMI erlaubt es nun, Komponenten bei einem Vakuum von weniger als 1 mmHg zu befüllen.

Das System besteht aus einem X-Y-Positioniersystem, mit dem der Bediener die Maschine mit einer Palette an Bauteilen ausstatten kann. Ein Verfahrbereich von 200 x 180 mm erlaubt es, größere Stückzahlen in einem Arbeitsgang zu befüllen, einzig beschränkt durch die Größe der Bauteile. Nachdem der Druck in der Arbeitskammer heruntergefahren wurde, arbeitet das System die Bauteile ab. Ein Antrieb der Z-Achse bewegt die Einfüllöffnung über jedes Bauteil und injiziert das Füllmaterial mit einer Spritzen-Druckpumpe. Anschließend wird die Arbeitskammer belüftet und die nächste Palette bearbeitet.

Die Prozessparameter wie Einfüllgeschwindigkeit, -druck, Füllmenge und -dauer lassen sich frei konfigurieren und erlauben eine weite Bandbreite an viskosen Materialien einzufüllen. Die Parameter lassen sich wie ein Kochrezept abspeichern und dann je nach Produkt oder Bauteil vom Anwender aus einem Menü auswählen. Die Daten jedes Durchgangs werden in Echtzeit gespeichert und können zur Qualitätskontrolle genutzt werden. Das System wurde speziell für eine hohe Zuverlässigkeit in der Vakuumumgebung konzipiert. Alle Einrichtungen, die Wärme erzeugen, befinden sich außerhalb der Vakuumkammer. Die Servomotoren, beispielsweise für das Positioniersystem, befinden sich außerhalb des Vakuums, um Kühlung zu gewährleisten. Diese sind mit ferromagnetischen Durchführungen an die Kammer angeschlossen. Die Z-Achse wird über eine Metallbalgdichtung angekoppelt.

components. Entrapped air can cause material defects or visible occlusions in the component. The new Fraunhofer system eliminates these issues by enabling filling under vacuum at less than 1 Torr.

The system incorporates an X-Y positioning system to allow an operator to load the machine with a rack of components to be filled. The travel of 200 mm by 180 mm permits a large number of components to be processed in one batch, limited only by component size. After the chamber is pumped down, the system will sequentially process each component. A Z-axis drive engages a fill port on each component and then injects with a positive displacement syringe pump. After all the components are processed, the chamber is vented so another rack can be loaded into the machine and processed in quick succession.

Process parameters, including injection speed, pressure, volume, and dwell are completely customizable to allow a large viscosity range of materials to be processed. Process parameters are stored in recipes which can be recalled by the operator from a menu system to suit different products or components being processed. Data is collected in real-time from each fill and logged for quality control or evaluation. The system was designed for high reliability in a vacuum environment. All heat generating components are located outside the vacuum chamber. Servomotors for driving the X-Y system, for instance, are located in-air for cooling but coupled inside the chamber with rotary ferromagnetic feedthroughs, while Z axis translation is coupled through a metal bellows seal.

# EREIGNISSE, PUBLIKATIONEN, REFERENZEN

## EVENTS, PUBLICATIONS, REFERENCES



- 120 **Konferenzen**  
Conferences
- 125 **Messen**  
Fairs
- 126 **Ehrungen**  
Awards
- 127 **Veröffentlichungen 2012**  
Publications 2012
- 138 **Dissertationen 2012**  
Dissertations 2012
- 139 **Referenzen**  
References
- 140 **Impressum**  
Editorial Notes
- 141 **Informations-Service**  
Information Service

# KONFERENZEN

## CONFERENCES

28.-29. Februar 2012

### **3. Aachener Präzisionstage**

Bereits zum dritten Mal veranstaltete das Fraunhofer IPT im Februar 2012 die »Aachener Präzisionstage«, eine internationale Konferenz mit dem Themenschwerpunkt der Präzisions- und Ultrapräzisionsfertigung für Teilnehmer aus Industrie und Forschung.

Die »3. Aachener Präzisionstage« gewährten den Teilnehmern einen gezielten und strukturierten Einblick in technologische Grenzbereiche rund um die Präzisionstechnik. In technisch orientierten Vorträgen mit interdisziplinären Schwerpunkten erläuterten hochkarätige Referenten aktuelle Entwicklungen entlang der Prozessketten für die Herstellung von Präzisions- und Mikrokomponenten, stellten aktuelle Technologien und Entwicklungsschwerpunkte zur Diskussion und präsentierten ihre Ideen für die Zukunft der Präzisions- und Ultrapräzisionsfertigung.

23. Mai 2012

### **Abschlusskonferenz des Konsortial-Benchmarking im Einkauf**

Fraunhofer IPT zeichnete im Mai 2012 im nordrheinwestfälischen Lengerich bei Osnabrück die fünf besten Unternehmen seines aktuellen »Konsortial-Benchmarking im Einkauf« aus. In einer europaweiten Studie, an der sich insgesamt 202 Unternehmen beteiligten, ermittelte das Fraunhofer IPT gemeinsam mit einem Konsortium namhafter Unternehmen erfolgversprechende Methoden und Vorgehensweisen im Einkauf.

Ausgezeichnet wurden die MTU Aero Engines GmbH, die Vaillant Group, die Vorwerk Elektrowerke GmbH & Co. KG, die 3M Deutschland GmbH sowie die Johnson Controls GmbH. Während einer eintägigen Abschlusskonferenz präsentierten die Unternehmen die Highlights ihrer Einkaufsorganisationen.

28-29 February 2012

### **3<sup>rd</sup> Aachen Precision Days**

In February 2012, the Fraunhofer IPT hosted the third "Aachen Precision Days", an international conference about precision and ultra-precision manufacturing for experts from industry and research.

The latest edition of the "Aachen Precision Days" again provided the participants with deep and structured insights into technological innovations in and around the field of high-precision engineering. In their interdisciplinary presentations, the speakers – all renowned experts in their fields – explained current developments along the process chains for the production of precision components and micro-components. They also discussed current technological and development trends and introduced new ideas for the future of precision manufacturing and ultra-precision engineering.

23 May 2012

### **Final conference of the Consortium Benchmarking for Purchasing**

In May 2012, the Fraunhofer IPT presented the five most successful participants of its latest Purchasing Benchmarking study with their awards in the German town of Lengerich near Osnabrück. Based on a Europe-wide study that featured 202 corporate participants, the Fraunhofer IPT and a consortium of renowned enterprises identified "best practice" purchasing methods and processes. The five prizes went to MTU Aero Engines GmbH, the Vaillant Group, Vorwerk Elektrowerke GmbH & Co. KG, 3M Deutschland GmbH and Johnson Controls GmbH. A one-day conference gave the prize-winning companies the opportunity to present their purchasing organizations.



Das Konsortium des Benchmarking-Projekts wählte im Rahmen der Studie die fünf besten Unternehmen aus und analysierte sie eingehend während eines eintägigen Besuchs. Professor Günther Schuh erläuterte während der Abschlusskonferenz die wichtigsten Ergebnisse der Studie und zog ein ausführliches Fazit.

25.-26. Juni 2012

**Fachkonferenz »Tool-Qualifizierung – Vertrauensfrage oder Methodik?«**

Die Prometo GmbH und die Fraunhofer-Projektgruppe Entwurfstechnik Mechatronik veranstalteten im Juni 2012 in Düsseldorf die Fachkonferenz »Tool-Qualifizierung – Vertrauensfrage oder Methodik?« zur funktionalen Sicherheit von Automobil- und Bahnsystemen. Vorträge aus Industrie und Wissenschaft stellten dort Methoden zur Umsetzung der 2011 verabschiedeten Normen ISO 26262 und EN 50128 vor und präsentierten Ansätze und systematische Vorgehen zur Erarbeitung und Begründung des Vertrauens in die eingesetzten Software-Tools.

12.-13. September 2012

**6. Aachener Technologiemanagement-Tagung »Integriertes Technologiemanagement«**

Bereits zum sechsten Mal fand im September 2012 die Technologiemanagement-Tagung des Fraunhofer IPT statt – diesmal unter dem Motto »Integriertes Technologiemanagement«. Unter der Leitung von Professor Günther Schuh stellen hochkarätige Experten ihre Ansätze, Zukunftskonzepte und Erfolgsfaktoren für das Technologiemanagement vor.

Die Tagung bot den Besuchern damit die Gelegenheit, sich im offenen Dialog über Erfahrungen und Erkenntnisse auszutauschen und praxisnahe Lösungen für das eigene Unternehmen mitzunehmen. Im Mittelpunkt der Veranstaltung standen Entwicklungstrends im Technologiemanagement,

The consortium of the benchmarking project had selected the five best purchasing organizations and subjected them to thorough investigations during one-day visits. Professor Günther Schuh summarized the key results of the consortium's study and drew a range of conclusions.

25-26 June 2012

**Conference on "Tool qualification – A matter of trust or of the right method?"**

In June 2012, Prometo GmbH and the Fraunhofer Project Group Mechatronic Systems Design jointly hosted a conference on the functional safety of car and rail transport systems. At the conference – called "Tool qualification – A matter of trust or of the right method?" – in the city of Düsseldorf, speakers from renowned industrial companies and academic institutions presented different methods of implementing the standards ISO 26262 and EN 50128 – that had both been introduced in 2011 – and discussed how trust might be systematically built and justified for the software tools that are in use.

12-13 September 2012

**6<sup>th</sup> Aachen Technology Management conference on "Integrated Technology Management"**

In September 2012, the Fraunhofer IPT hosted the 6<sup>th</sup> edition of its technology management conference, this time focusing on "Integrated Technology Management". Under the chairmanship of Professor Günther Schuh, renowned experts presented new approaches, concepts for the future and promising new strategies.

The conference provided the participants with many opportunities of exchanging their experiences and insights in the form of an open dialogue. Participants could also familiarize themselves with practice-oriented solutions that might be useful for their own enterprises. The conference focused specifically on

sein Wertbeitrag zu den Unternehmenszielen, Organisation und Prozesse sowie Bestandteile und Implementierung von Technologie- und Innovationsstrategien, die Technologieführerkennung sowie die Anwendung von Open Innovation in der unternehmerischen Praxis.

25.-26. September 2012

## **12. Internationales Kolloquium**

### **»Werkzeugbau mit Zukunft«**

Das Internationale Kolloquium »Werkzeugbau mit Zukunft« gilt als zentraler Branchentreffpunkt. Auf kompakte Art und Weise bot die Veranstaltung auch 2012 wieder praktische Handlungsempfehlungen, damit Unternehmen im Wettbewerb langfristig erfolgreich bestehen. Die Vorträge des Kolloquiums hielten renommierte Experten der besten Unternehmen aus dem Werkzeug- und Formenbau sowie aus dem WZL der RWTH Aachen und dem Fraunhofer IPT.

Die Preisverleihung zum »Werkzeugbau des Jahres 2013« war der mit Spannung erwartete Höhepunkt der Veranstaltung und das Finale im jährlichen Wettbewerb »Excellence in Production«. Die ZF Friedrichshafen AG, in den Jahren 2004, 2006 und 2008 bereits regelmäßig auf vorderen Rängen vertreten, ging nun erstmals als Gesamtsieger aus dem Wettbewerb hervor. Während der feierlichen Abendveranstaltung am 25. September nahm Herbert Johann, Leiter Werkzeugbau der ZF Friedrichshafen AG, den Pokal im Krönungssaal des Aachener Rathauses entgegen.

Weitere Sieger und Finalisten gab die Jury in drei Einzelkategorien, je nach Unternehmensgröße und -einbindung, bekannt. Neben dem Gesamtsieg gewann die ZF Friedrichshafen AG auch in der Kategorie »Interner Werkzeugbau über 50 Mitarbeiter«. Als weitere Finalisten zeichnete die Jury die Dräxlmaier Group, das Werk Rockenhausen von Johnson Controls und den Werkzeugbau der Volkswagen AG aus. Bester »Interner Werkzeugbau unter 50 Mitarbeiter« wurde

the latest technology management developments and trends, the "added value" that technology management can deliver for the individual enterprise, the organization and processes as well as the elements of technology and innovation strategies including the various ways of implementing them, the early recognition of promising technologies and the application of "open innovation" strategies in the corporate world.

25-26 September 2012

## **12<sup>th</sup> International colloquium**

### **"Tool and Die Making for the Future"**

The international colloquium on "Tool and Die Making for the Future" is considered a key meeting point for members of the industry. In 2012, the event again managed to pack practice-oriented advice and recommendations into a compact format, helping companies to achieve long-term survival in today's highly competitive business environment. The colloquium once more featured renowned experts from top companies in the tool and mould making industries, from the WZL of the RWTH Aachen University and the Fraunhofer IPT.

The awards ceremony of the annual contest "Excellence in Production" was the much anticipated highlight of the conference. Having come close to winning the award in 2004, 2006 and 2008 without actually clinching victory, this was the year when ZF Friedrichshafen AG could finally claim the title of "Tool Maker of the Year". Herbert Johann, Head of the Department for Tool Manufacturing of ZF Friedrichshafen AG, received the prize during the festive evening gala in the Coronation Room of Aachen's city hall on 25 September.

The jury also awarded prizes in four individual categories, distinguishing tool manufacturers according to the size of their operation and its level of independence. ZF Friedrichshafen AG, the overall champion, also won first place in the category "Internal tool makers with more than 50 employees". The other three nominees in this category were the Dräxlmaier



die Gigaset Communications GmbH, die schon 2006, damals noch als Mitglied des Siemens-Konzerns, in dieser Kategorie als Sieger hervorgegangen war. Weitere Finalisten waren die Huf Tools GmbH und die Kirchhoff Automotive Deutschland GmbH. Gewinner in der Kategorie »Externer Werkzeugbau über 50 Mitarbeiter« wurde die Christian Karl Siebenwurst Modellfabrik und Formenbau GmbH & Co. KG. Als weitere Finalisten wurden die Pockauer Werkzeugbau Oertel GmbH und die Schweiger GmbH & Co. KG ausgezeichnet. Den ersten Platz in der Kategorie »Externer Werkzeugbau unter 50 Mitarbeiter« konnte auch in diesem Jahr W. Faßnacht Werkzeug- und Formenbau für sich behaupten. Weitere Finalisten wurden die Croner Präzisionsformenbau GmbH, die Formenbau Glittenberg GmbH sowie die WIRO Präzisions-Werkzeugbau GmbH & Co. KG. Der Wettbewerb »Excellence in Production« fand 2012 bereits zum neunten Mal statt.

26.-27. September 2012

### 16. Business Forum Qualität

Das 16. Business Forum Qualität fand unter dem Motto »Qualität im Unternehmen organisieren und umsetzen« im »Super C« der RWTH Aachen unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt statt. Im Mittelpunkt der Veranstaltung von Fraunhofer IPT und WZL der RWTH Aachen standen Trends, Methoden und neue Konzepte des Qualitätsmanagements, mit denen sich hochwertige Produkte präventiv absichern lassen und die Qualität durch Kennzahlen messbar wird. Dem Aufruf zur Teilnahme an der Veranstaltung folgten Fach- und Führungskräfte aus Entwicklung, Produktion, Einkauf und Qualitätsmanagement. In zwei Fachforen erhielten die Gäste Einblick in neue Ansätze und Strukturen zur Qualitätsorganisation und die erfolgreiche Umsetzung von Managementsystemen sowie die Implementierung befähigender Prozesse. Auf dem Programm standen außerdem Praxisvorträge von Experten namhafter Unternehmen wie Bayer MaterialScience AG, Lufthansa Cargo AG, Infineon Technologies AG oder The Boston Consulting Group. Ein gemeinsames Dinner mit

Group, the Rockenhausen facility of Johnson Controls and the tool manufacturing division of Volkswagen AG. The prize for the best "Internal tool makers with less than 50 employees" went to Gigaset Communications GmbH, which had already won this category in 2006 when it was still a member of the Siemens Group. The other finalists were Huf Tools GmbH and Kirchhoff Automotive Deutschland GmbH. The category "External tool makers with more than 50 employees" was won by Christian Karl Siebenwurst Modellfabrik und Formenbau GmbH & Co. KG, beating two other finalists, Pockauer Werkzeugbau Oertel GmbH and Schweiger GmbH & Co. KG. First prize in the category "External tool makers with less than 50 employees" was successfully defended by W. Faßnacht Werkzeug- und Formenbau. The beaten finalists in this category were Croner Präzisionsformenbau GmbH, Formenbau Glittenberg GmbH and WIRO Präzisions-Werkzeugbau GmbH & Co. KG. This was the 9<sup>th</sup> edition of the competition "Excellence in Production".

26-27 September 2012

### 16<sup>th</sup> Business Forum on Quality Management

The 16<sup>th</sup> Business Forum on Quality Management, held in the "Super C" building of the RWTH Aachen University and chaired by Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt, was dedicated to the subject "Organizing and Implementing Quality Targets in the Enterprise". The conference was jointly hosted by the Fraunhofer IPT and the WZL of the RWTH Aachen University and focused on trends, methods and new concepts of quality management that are designed to provide preventive assurance for high-quality products and to establish parameters that allow quality to be measured in quantitative terms. Experts and executives from development, production, procurement and quality management had followed the invitation to come to Aachen. Two professional sub-forums provided the guests with insights into new approaches and structures of quality organization, the successful implementation of management systems and the introduction of empowering

Fachvortrag zur nachhaltigen Unternehmensführung und eine »Dinner Speech« von Wolfgang Reuter, dem Leiter des Ressorts »Unternehmen und Märkte« beim Handelsblatt boten schon am ersten Veranstaltungsabend Anregungen zur Diskussion und Gelegenheit, Kontakte zwischen den Teilnehmern zu knüpfen und zu vertiefen.

27.-28. November 2012

### **7. Internationales Kolloquium**

#### **»Optik – Schlüsseltechnologie mit Zukunft«**

Mit einem zweitägigen Kongress rund um die Themen Optik und Photonik boten Fraunhofer IPT und ILT im November 2012 erneut eine Informationsplattform zu aktuellen Perspektiven, technologischen Innovationen und neuen Anwendungen aus Industrie und Forschung.

Das Kolloquium, das alle zwei Jahre in Aachen stattfindet, setzte dieses Mal auf die drei Themenkomplexe »Märkte und Strategie«, »Produkte und Innovation« sowie »Technologie und Produktion«. Zahlreiche hochkarätige Referenten aus international erfolgreichen Unternehmen zeigten anwendungsnahe Präsentationen aktueller Entwicklungen und Trends. Einen besonderen Schwerpunkt des Kolloquiums bildete die Fertigung anspruchsvoller Optikkomponenten für den Automobilbau, die Telekommunikation und die Medizintechnik.

Das Programm umfasste nicht nur die 15 Fachvorträge, sondern auch eine Führung durch die Maschinenhallen und Labore von Fraunhofer IPT und Fraunhofer ILT sowie ein gemeinsames Abendessen im Lenné-Pavillon am Aachener Spielcasino. Ziel der Veranstalter war eine ausgewogene Mischung an Information und Gelegenheit zur Kommunikation – sowohl untereinander, als auch mit den Referenten.

processes. The agenda also included presentations by experts from global industry leaders such as Bayer MaterialScience AG, Lufthansa Cargo AG, Infineon Technologies AG and The Boston Consulting Group. A joint dinner with a presentation about sustainable business management practices and a "dinner speech" by Wolfgang Reuter, Head of the department for "Enterprises and Markets" at the Handelsblatt, one of Germany's leading daily business paper, provided opportunities for lively discussions and exchanges on the first evening, allowing the participants to make new contacts and refresh old ones.

27-28 November 2012

### **7<sup>th</sup> International colloquium**

#### **"Optics – Key Technology for the Future"**

The two-day congress about new developments in optics and photonics, hosted by the Fraunhofer IPT and ILT, provided engineers and scientists with an opportunity of familiarizing themselves with the latest trends, technological innovations and new applications for industry and research.

The latest edition of the biennial colloquium, hosted in November 2012 in the city of Aachen, focused on three subjects: "Markets and strategy", "Products and innovation" and "Technology and production". Speakers from internationally successful enterprises illustrated application-oriented developments and trends. One specific focus of the colloquium was the production of complex optical components for the automotive industry, telecommunications and medical technology.

The program featured 15 speeches, a guided tour through the machine halls and laboratories of the Fraunhofer IPT and the Fraunhofer ILT as well as a joint dinner in the Lenné Pavilion of the Casino Aachen. The event was designed to provide the guests and visitors with a well-balanced mix of opportunities to gather information and to communicate – with one another as well as with the speakers.

# MESSEN FAIRS

7.-11. Januar 2012

## **Auto Expo India**

New Delhi (IND)

24.-26. Januar 2012

## **Photonics West**

San Francisco (USA)

28. Februar - 3. März 2012

## **METAV**

Düsseldorf

13.-15. März 2012

## **MEDTEC**

Stuttgart

27.-29. März 2012

## **JEC Paris**

Paris (F)

18.-19. April 2012

## **Biomedica**

Liège (B)

23.-27. April 2012

## **Hannover Messe**

Hannover

8.-10. Mai 2012

## **Control**

Stuttgart

22.-25. Mai 2012

## **Optatec**

Frankfurt/Main

18.-21. Juni 2012

## **BIO**

Boston (USA)

17.-19. September 2012

## **ECOC Exhibition**

Amsterdam (NL)

9.-11. Oktober 2012

## **Composites Europe**

Düsseldorf

16.-20. Oktober 2012

## **Fakuma**

Friedrichshafen

23.-27. Oktober 2012

## **EuroBLECH**

Hannover

27.-30. November 2012

## **EuroMold**

Frankfurt/Main

28.-29. November 2012

## **Precision Fair**

Veldhoven (NL)

3.-5. Dezember 2012

## **bonding Firmenkontaktmesse**

Aachen

# EHRUNGEN AWARDS

## **Hohe Auszeichnung für Professor Fritz Klocke**

Die Society of Manufacturing Engineers (SME) der USA hat Professor Fritz Klocke in das College of Fellows berufen. Seit 1986 wählt die Gesellschaft mit Sitz in Dearborn, Michigan, jedes Jahr Mitglieder aus verschiedenen Bereichen des Maschinenbaus in dieses Gremium. Dabei werden international wahrgenommene Persönlichkeiten für langjährige herausragende Leistungen in ihrem Bereich ausgezeichnet.

## **WZL-Freundeskreis zeichnet Holger Kreilkamp aus**

Der Freundeskreis des WZL zeichnet anlässlich seiner Jahrestagung regelmäßig junge Nachwuchs-Ingenieure aus. Für seine hervorragenden Studienleistungen wurde Holger Kreilkamp in 2012 für seine Arbeit zum Thema »Prozessqualifizierung bei der ultraschallunterstützten Ultrapräzisionszerspannung verschiedener Stahlwerkstoffe für den optischen Formenbau« mit dem Best Junior Award bedacht.

## **Biomedica Collaboration Award für Adrian Schütte und sein Team**

Für die Entwicklung eines Führungsdrahtes aus faserverstärktem Kunststoff für minimalinvasive medizinische Eingriffe erhielt das Fraunhofer IPT zusammen mit vier Industrie- und Forschungspartnern am 19. April 2012 den Preis der internationalen »Biomedica«-Konferenz für Life Sciences in Liège/Belgien. Solche Führungsdrähte dienen beispielsweise Medizinern dazu, bei einer Herzoperation im Magnetresonanztomografen einen Gefäßkatheter zu setzen. Stellvertretend für das gesamte Projektkonsortium nahm Adrian Schütte den Preis entgegen. Weitere Partner im Projekt »MIGI – Multifunctional Image Guided Interventions« waren neben dem Fraunhofer IPT und der Abteilung für diagnostische Radiologie des Universitätsklinikums Aachen die Hemoteq AG, die Nano4Imaging GmbH und die MagnaMedics GmbH, die alle in der Aachener Euregio angesiedelt sind.

## **Prestigious honor for Professor Fritz Klocke**

The US-American Society of Manufacturing Engineers (SME) has elected Professor Fritz Klocke into its College of Fellows. The College of Fellows was established in 1986 in Dearborn, Michigan, the domicile of the SME, as a way of honoring internationally renowned personalities from different fields of engineering technology. Membership in this prestigious is awarded for "outstanding contributions to the social, technological and educational aspects of the manufacturing profession" over a period of at least twenty years.

## **Friends of the WZL award prize to Holger Kreilkamp**

The group "Friends of the WZL" regularly awards prizes to promising young engineering graduates on the occasion of its annual conferences. This year's "Best Junior Award" went to Holger Kreilkamp for his thesis on "Process qualification in the ultrasound-assisted precision-machining of different steel materials for optical mold constructions".

## **Biomedica Collaboration Award for Adrian Schütte and his team**

The Fraunhofer IPT – together with its four project partners from industry and research – has received an award from the international "Biomedica" Conference for Life Sciences. The prize was given to the consortium after it had developed a guidewire from fiber-reinforced plastic for minimally invasive surgical interventions. Guidewires like these are used, for example, to insert vascular catheters during cardiac operations under MRI. Adrian Schütte from the Fraunhofer IPT had the honor of receiving the award on behalf of the project consortium "MIGI – Multifunctional Image Guided Interventions" that also included the Department for Diagnostic Radiology of Aachen University Hospital, Hemoteq AG, Nano4Imaging GmbH and MagnaMedics GmbH, all domiciled in the Euregio border region near Aachen.

# VERÖFFENTLICHUNGEN 2012

## PUBLICATIONS 2012

Anacker, H.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Dziwok, S.; Schäfer, W.: Solution Patterns of Software Engineering for the System Design of Advanced Mechatronic Systems. In: Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Workshop on Research and Education in Mechatronics (REM 2012). Paris, France, 21.-23.11.2012, o.a.S.

Andrecht, D.; Behrens, B.; Wilbert, A.: Robotergestützte Feinbearbeitung von Werkzeugen und Formen. In: Boos, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Werkzeugbau Akademie – Forschungsbericht 2011/2012. 2012, S. 110-124.

Becker, P.; Schmitt, R.: Quality Chain Management for Cross-sited Replication of Optical Elements. In: 3<sup>rd</sup> International Molded Optics Conference (iMOC) 2012. Bremen, Deutschland, 22.-23.03.2012, o.a.S.

Bichmann, S.; Depiereux, F.; König, N.: Berührungslos durch Berg und Tal – Rauheitsmesstechnik zur automatisierten 100-Prozent-Prüfung. In: Qualität und Zuverlässigkeit. Jg. 57, 2012, Nr. 9, S. 54-56.

Borzykh, M.; Damerow, U.; Henke, C.; Trächtler, A.; Homberg, W.: Model-Based Design of Self-Correcting Strategy for a Punch Bending Machine. In: Information Control Problems in Manufacturing. Jg. 14, 05.07.2012, Nr. 1, o.a.S.

Brecher, C.; Do-Khac, D.; Fischer, B.; Lohse, W.; Wegener, M.: NC-unterstützte Prozessprogrammierung für das scannerbasierte Laserauftragschweißen. In: wt Werkstattstechnik online. Jg. 102, 2012, Nr. 9, S. 568-572.

Brecher, C.: Integrative Production Technology for High-Wage Countries. 2012, o.a.S.

Brecher, C.: WGP – Summer School. Megatrends und ihre Auswirkungen auf die Produktionstechnik – Abschlussbericht. In: Bericht zur WGP Summer School. 2012, o.a.S.

Brecher, C.; Emonts, M.; Brack, A.; Schütte, A.: Micro-Pull-winding and Micro-Pultrusion – Technology and Applications. In: JEC Composites Magazine. Jg. 49, 2012, Nr. 73, S. 71-73.

Brecher, C.; Emonts, M.; Hermani, J.; Rosen, C.: Laserunterstützte Fräsbearbeitung – Prozessergebnisse zum laserunterstützten Fräsen der Nickelbasislegierung Inconel 718. In: wt Werkstattstechnik online. Jg. 102, 2012, Nr. 6, S. 353-356.

Brecher, C.; Emonts, M.; Kermer-Meyer, A.; Stimpfl, J.: FiberChain. In: Textile ETP Conference 2012. Brüssel, Belgien, 29.03.2012, o.a.S.

Brecher, C.; Emonts, M.; Ozolin, B.: Elektrostatische Greifer für textile Halbzeuge. In: MaschinenMarkt. 2012, Nr. 3, S. 24-26.

Brecher, C.; Emonts, M.; Ozolin, B.; Schnabel, A.; Greb, C.: Preformherstellung und Handhabung für die Serienfertigung von Faserverbundstrukturbauteilen. In: International Textile Conference. Dresden, 29.-30.11.2012, o.a.S.

Brecher, C.; Emonts, M.; Schütte, A.; Brack, A.: Fiber-Reinforced Plastics Enable New Prospects for Minimal Invasive Devices and Interventions. In: Schuh, G.; Neugebauer, R.; Uhlmann, E. (Hrsg.): Future Trends in Production Engineering – Proceedings of the First Conference of the German Academic Society for Production Engineering (WGP). Berlin, Germany, 08.-09.06.2011, 2012, S. 297-305.

Brecher, C.; Flore, J.; Haag, S.; Wenzel, C.: High precision, fast and flexible calibration of robots and large multi-axis machine tools. In: MM Science Journal, Special Issue. 2012, o.a.S.

Brecher, C.; Flore, J.; Haag, S.; Wenzel, C.: High precision, fast and flexible calibration of robots and large multi-axis machine tools. In: 9<sup>th</sup> International Conference on Machine Tools, Automation, Technology and Robotics. Prag, Tschechien, 12.-14.09.2012, o.a.S.

- Brecher, C.; Flore, J.; Haag, S.; Wenzel, C.: Efficient calibration of five-axis machine tools based on a systematic error budget analysis. In: 9<sup>th</sup> International Conference on Machine Tools, Automation, Technology and Robotics. Prag, Tschechien, 12.-14.09.2012, o.a.S.
- Brecher, C.; Flore, J.; Wenzel, C.: Efficient calibration of five-axis machine tools based on a systematic error budget analysis. In: MM Science Journal – Special Issue. 2012, o.a.S.
- Brecher, C.; Flore, J.; Wenzel, C.; Schwenke, H.: Universal approach for machine tool testing independent of axis configuration. In: MM Science Journal, Special Issue. 2012, o.a.S.
- Brecher, C.; Jeschke, S.; Schuh, G.; Aghassi, S.; Arnoscht, J.; Bauhoff, F.; Fuchs, S.; Jooß, C.; Karmann, O.; Kozielski, S.; Orilski, S.; Richert, A.; Roderburg, A.; Schiffer, M.; Schubert, J.; Stiller, S.; Tönissen, S.; Welter, F.: Integrative Production Technology for High-wage Countries – Technology Roadmapping for the production in high-wage countries. In: Brecher, C. (Hrsg.): Integrative Production Technology for High-Wage Countries. 2012, S. 50-67.
- Brecher, C.; Kermer-Meyer, A.; Emonts, M.: Integrated process chain for the automated and flexible production of continuously fiber-reinforced thermoplastic components. In: JEC Europe 2012. Paris, France, 29.05.2012, o.a.S.
- Brecher, C.; Kermer-Meyer, A.; Werner, D.; Stimpfl, J.; Janssen, H.; Emonts, M.: Customized solutions for laser-assisted tape placement. In: JEC Composites Magazine: 2012; Nr. 76, S. 70-73.
- Brecher, C.; Klocke, F.; Arntz, K.; Bäuml, S.; Breitbach, T.; Do-Khac, D.; Emonts, M.; Heinen, D.; Herfs, W.; Hermani, J.; Janssen, A.; Karlberger, A.; Rosen, C.: Shortening Process Chains by Process Integration into Machine Tools. In: Brecher, C. (Hrsg.): Integrative Production Technology for High-Wage Countries. 2012, S. 591-628.
- Brecher, C.; Lindemann, D.; Merz, M.; Wenzel, C.; Preuß, W.: Freeform Machining of Molds for Replication of Plastic Optics. In: Brinksmeier, E.; Riemer, O.; Gläbe, R. (Hrsg.): Fabrication of Complex Optical Components – Lecture Notes in Production Engineering. 2012, S. 41-52.
- Brecher, C.; Lindemann, D.; Wenzel, C.: Influences of Control, Feedback and Servo Drive Systems on Precision Machining. In: Euspen 12<sup>th</sup> International Conference. Stockholm, Sweden, 08.06.2012, o.a.S.
- Brecher, C.; Lindemann, D.; Wenzel, C.: Integrated Machine Control Strategy for Fast Ultra Precision Machining. In: MATAR 9<sup>th</sup> International Conference. Prag, Tschechien, 14.09.2012, o.a.S.
- Brecher, C.; Loosen, P.; Müller, R.; Pyschny, N.; Pavim, A.; Vette, M.; Malik, A.; Fayzullin, K.; Haag, S.: Integrative Product and Process Design for Self-optimising Assembly. In: Brecher, C. (Hrsg.): Integrative Production Technology for High-Wage Countries. 2012, S. 849-894.
- Brecher, C.; Sobotka, A.: Universelles Maschinensystem für Prozessuntersuchungen zum Schleifen und Läppen von monokristallinen Diamantwerkzeugen. In: Hoffmeister, H.; Denkena, B. (Hrsg.): Jahrbuch Schleifen, Honen, Läppen und Polieren. 2012, Nr. 65, S. 316-331.
- Brecher, C.; Sobotka, A.; Klatt, M.; Fritz, M.: Modular Hydrostatic Axes Systems. In: MM Science Journal – Special issue on 9<sup>th</sup> International Conference MATAR 2012 Machine Tools, Automation, Robotics and Technology: 2012, S. 1-6.
- Brecher, C.; Werner, D.; Kermer-Meyer, A.; Emonts, M.: Laserunterstütztes Fiber Placement – Lastoptimale Herstellung. In: Lightweightdesign. Jg. 5, 2012, Nr. 4, S. 20-25.

Brecher, C.; Zavelberg, M.; Lindemann, D.; Buß, C.; Wenzel, C.: Advanced Integrated Machine Control for Fast Tool Assisted Ultra Precision Machining. In: Euspen 12<sup>th</sup> International Conference. Stockholm, Sweden, 08.06.2012, o.a.S.

Brunstein, F.: Implementierung und Vergleich nichtlinearer Zustandsschätzer. In: Universität Paderborn. Paderborn, 31.08.2012, o.a.S.

Bulla, B.; Klocke, F.; Dambon, O.; Hünten, M.: Influence of different steel alloys on the machining results in ultrasonic assisted diamond turning. In: Key Engineering Materials. 2012, Nr. 523-524, S. 203-208.

Bundschuh, W.; Emonts, M.; Eckert, M.: Laserunterstützte Umformung hochfester metallischer Werkstoffe in Folgeverbundwerkzeugen. In: Blechverarbeitung (Hrsg.): Produktionssysteme und -methoden für den Leichtbau, Tagungsband des 32. EFB-Kolloquiums Blechverarbeitung. Bad Boll, 14.-15.02.2012, S. 49-63.

Damerow, U.; Borzykh, M.; Homberg, W.; Trächtler, A.: A Self-Correcting Approach for the Bending of Metal Parts. In: Key Engineering Materials. 16.03.2012, Nr. 504-506, S. 907-912.

Dumitrescu, R.: Potentiale und Applikationen für hochintegrierte mechatronische Baugruppen durch MID. In: Erfolgsfaktor mechatronische Systeme 2012 – Effizienz als Treiber von Entwicklungen. Bad Pyrmont, 08.-09.02.2012, o.a.S.

Dumitrescu, R.; Anacker, H.; Bauer, F.; Gausemeier, J.: Computer Support for the identification of solution patterns for the conceptual design of advanced mechatronic systems. In: Proceedings of 11<sup>th</sup> Biennial conference on engineering systems design and analysis (ESDA2012). Nantes, France, 02.-04.07.2012, o.a.S.

Dumitrescu, R.; Anacker, H.; Gausemeier, J.: Design Framework for the Integration of Cognitive Functions into Intelligent Technical Systems. In: Proceedings of 1<sup>st</sup> German-Malaysian Workshop. Hannover, 27.-29.07.2012, o.a.S.

Dumitrescu, R.; Gaukstern, T.; Jürgenhake, C.; Gausemeier, J.; Kühn, A.: Pattern-based integrative design of Molded Interconnect Devices (MID). DESIGN Conference 2012. Dubrovnik, Croatia, 21.-24.05.2012, o.a.S.

Dumitrescu, R.; Jürgenhake, C., Gausemeier, J.: Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe. In: Proceedings of 1<sup>st</sup> Joint International Symposium on System-integrated Intelligence: New Challenges for Product and Production Engineering. 2012, o.a.S.

Dumitrescu, R.; Anacker, H.; Gausemeier, J.: Design Framework for the Integration of Cognitive Functions into Intelligent Technical Systems. In: 1<sup>st</sup> Joint Symposium on System-integrated Intelligence: New Challenges for Product and Production Engineering (SysInt 2012). Hannover, 27.-29.06.2012, o.a.S.

Edling, F.: Debugging von simulierter AUTOSAR-Software auf Modellebene. In: Universität Paderborn. Paderborn, 01.10.2012, o.a.S.

Fockel, M.; Heidl, P.; Holtmann, J.; Horn, W.; Höfflinger, J.; Hönninger, H.; Meyer, J.; Meyer, M.; Schäuuffele, J.: Application and Evaluation in the Automotive Domain. In: Model-Based Engineering of Embedded Systems – The SPES 2020 Methodology. 2012, S. 157-175.

Fockel, M.; Holtmann, J.; Meyer, J.: Semi-automatic Establishment and Maintenance of Valid Traceability in Automotive Development Processes. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Workshop on Software Engineering for Embedded Systems (co-located with ICSE 2012). 09.06.2012, o.a.S.

- Franz, K.; Hörnschemeyer, R.; Ewert, A.; Fromhold-Eisebith, M.; Große-Böckmann, M.; Schmitt, R.; Petzoldt, K.; Schneider, C.; Heller, J.; Feldhusen, J.; Büker, K.; Reichmuth, J.: Life Cycle Engineering in Preliminary Aircraft Design. In: Dornfeld, D.; Linke, B. (Hrsg.): Leveraging Technology for a Sustainable World, Proceedings of the 19<sup>th</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering. 2012, S. 473-378.
- Friebe, J.; Tichy, M.: Automatic deployment of IEC 61499 function blocks. In: CAN in Automation. 2012, Nr. 1, S. 40-47.
- Friebe, J.; Heutger, H.: Case Study: Palladio-based Modular System for Simulating PLC Performance. In: Karlsruhe Reports in Informatics. Karlsruhe, 09.11.2012, S. 29-37.
- Frischemeier, S.: Kosten sparen durch normgerechtes Energiemanagement. In: Tools. 2012, Nr. 1, S. 8.
- Gausemeier, J.; Brandis, R.; Kaiser, L.: Integrative Conceptual Design of Products and Production Systems for Mechatronic Systems. In: Proceedings of 13<sup>th</sup> International Workshop on Research and Education in Mechatronics. 2012, o.a.S.
- Gausemeier, J.; Tschirner, C.; Dumitrescu, R.; Gaukster, T.: Integrative Konzipierung von Produkt und Produktionssystem als Basis für eine erfolgreiche Produktentstehung. In: Methoden und Werkzeuge in Produktentwicklung und Design. 2012, o.a.S.
- Greenyer, J.; Friebe, J.: Consistency checking scenario-based specifications of dynamic systems by combining simulation and synthesis. In: Proceedings of the Fourth Workshop on Behaviour Modelling – Foundations and Applications. 2012, S. 2:1-2:9.
- Große-Böckmann, M.; Schmitt, R.: Methodology for Ecological and Economical Aircraft Life Cycle Analysis. In: Dornfeld, D.; Linke, B. (Hrsg.): Leveraging Technology for a Sustainable World. Proceedings of the 19<sup>th</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering. 2012, S. 467-472.
- Hannig, S.: New calculation method for ultrasonic systems and application for machining optical freeform-surfaces on steel with diamond. In: MATAR. Prag, Tschechien, 12.-14.09.2012, o.a.S.
- Hannig, S.; Brecher, C.; Wenzel, C.: Schnelle Auslegungsmethode für ultraschallunterstützte Zerspanung. In: Maschinenmarkt. 2012, Nr. 38, S. 24-27.
- Heinen, D.: Pilotprojekt: Anforderungsgerechte Werkzeuge. In: Schuh, G.; Boos, W. (Hrsg.): Werkzeugbau Akademie Forschungsbericht 2011/2012. 2012, S. 93-99.
- Heinen, D.; Arntz, K.: Oberflächen komplexer Werkzeuge durch Laserbehandlung schützen. In: Maschinenmarkt. 2012, Nr. 39, S. 44-47.
- Heinen, D.; Heeschen, D.: Anforderungsgerechte Werkzeuge. In: Boos, W.: Werkzeugbau Akademie Forschungsbericht 2011/2012. 2012, S. 81-92.
- Hollstegge, D.; Hüntten, M.; Dambon, O.; Klocke, F.; Bulla, B.: Molding of Diffractive Glass Lenses. In: Urbach, P.; Tervo, J. (Hrsg.): Proceedings of the 8<sup>th</sup> Topical Meeting on Diffractive Optics DO. European Optical Society Delft. 2012, o.a.S.
- Hoppe, M.: Successful Practice im Einkauf – Konsortial-Benchmarking, Teil 1. In: Beschaffung Aktuell. 2012, Nr. 6, S. 34.
- Hüntten, M.; Hollstegge, D.; Klocke, F.: Wafer Level Glass Molding. In: Key Engineering Materials. 2012, Nr. 523-524, S. 1001-1005.

Hüntten, M.; Krappig, R.: WaferLevelOptics – Herstellung mikrooptischer Komponenten aus Glas. In: Tools. 2012, Nr. 1, S. 2-7.

Janssen, A.: Reduction of friction in combustion engines by laser surface structuring. In: Friction, Wear & Wear Prediction. Karlsruhe, 2012, o.a.S.

Janssen, A.; Mescheder, H.; Conte, M.; Sexton, L.: Laser Structuring for Tribological Performance Enhancement – Manufacturing techniques, structure development and system concepts for production. In: Laser Technik Journal. 2012, Nr. 5, S. 31-35.

Kaiser, L.; Anacker, H.; Gausemeier, J.; Dumitrescu, R.: Plausibilitätsanalyse der Wirkstruktur am Beispiel einer Sortieranlage. In: Proceedings of »Tag des Systems Engineering (TdSE)«. Paderborn, 08.-09.11.2012, o.a.S.

Klatte, M.; Flore, J.; Wenzel, C.; Brecher, C.: Machine Integrated, Robust Direct Measuring Devices for the Compensation of Thermal Deformation. In: 9<sup>th</sup> International Conference MATAR 2012. Prag, Tschechien, 12.-14.09.2012, o.a.S.

Klocke, F.: Präzisionsbearbeitung als Schlüsseltechnologie der Zukunft. In: wt Werkstattstechnik online 102. 2012, Nr. 6, S. 364.

Klocke, F.; Bergs, T.; Degen, F.; Ganser, P.: Presentation of a novel cutting technology for precision machining of hardened, rotationally symmetric parts. In: Production Engineering – Research and Development. 2012, o.a.S.

Klocke, F.; Brecher, C.; Brinksmeier, E.; Behrens, B.; Dambon, O.; Riemer, O.; Schulte, H.; Tuecks, R.; Wächter, D.; Wenzel, C.; Zunke, R.: Deterministic Polishing of Smooth and Structured Molds. In: Brinksmeier, E.; Riemer, O.; Gläbe, R. (Hrsg.): Fabrication of complex optical components. 1. Aufl., 2012, S. 99-117.

Klocke, F.; Brecher, C.; Wegener, M.; Heinen, D.; Fischer, B.; Do-Khac, D.: Scanner-based laser cladding. In: Physics Procedia. 2012, S. 346-353.

Klocke, F.; Dambon, O.; Herben, M.; Veselovac, D.; Adams, O.; Kuljanic, E.; Sortino, M.; Totis, G.: Chuck System for Integrated IR-Based Temperature – Measurement in Rotational Grinding of Sapphire Wafers. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Euspen International Conference. Stockholm, Sweden, 2012, o.a.S.

Klocke, F.; Dambon, O.; Kretschmer, A.: Study on Precision Grinding of Freeform Turbine Blades made of Nickel-Based Super-Alloys. In: The 3<sup>rd</sup> International Conference on Nanomanufacturing (nanoMan2012). Japan, 25.-27.07.2012, o.a.S.

Klocke, F.; Dambon, O.; Lijuan, S.; Wang, F.; Peng, H.; Allen, Y.: An Integrated Solution for Compensation of Refractive Index Drop and Curve Change in High Precision Glass Molding. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> euspen International Conference. Stockholm, Sweden, 2012, o.a.S.

Klocke, F.; Dambon, O.; Liu, G.; Wang, F.; Hollstegge, D.; Yi, Y.: Intelligent Process-Design-Software-Tool for Precision Glass Molding. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Euspen International Conference. Stockholm, Sweden, 2012, o.a.S.

Klocke, F.; Dambon, O.; Wächter, D.: Knowledge-based process design for pad-polishing of precision optics. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Euspen International Conference. Stockholm, Sweden, 2012, o.a.S.

Klocke, F.; Dambon, O.; Wächter, D.; Dukwen, J.; Georgiadis, K.; Hollstegge, D.: Investigations on the tool wear in precision glass molding. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Euspen International Conference. Stockholm, Sweden, 2012, o.a.S.

- Klocke, F.; Dambon, O.; Yi, A.; Wang, F.; Hüntten, M.; Georgiadis, K.; Hollstegge, D.; Dukwen, J.: Process chain for the replication of complex optical glass components. In: Brinksmeier, E.; Riemer, O.; Gläbe, R. (Hrsg.): Fabrication of Complex Optical Components. 2012, S. 119-132.
- Klocke, F.; Heinen, D.; Andrecht, D.; Arntz, K.; Vieten, H.; Zymla, C.; Dambon, O.; Schongen, F.; Bäcker, V.; Feldhaus, B.: Ressourceneffiziente Fertigung von Tiefziehwerkzeugen – Entwicklung und Optimierung von Fertigungsverfahren zur Erhöhung der Ressourceneffizienz. In: wt Werkstattstechnik online. Jg. 102, 2012, Nr. 6, S. 402-409.
- Klocke, F.; Heinen, D.; Schongen, F.; Arntz, K.; Bäcker, V.; Feldhaus, B.: Wear protection of pools by local geometry and material optimization. In: Leitner, H.; Kranz, R.; Tremmel, A. (Hrsg.): 9<sup>th</sup> Tooling Conference/4<sup>th</sup> International Conference on Heat Treatment of Tools and Dies. Leoben, Austria, 11.-14.09.2012, S. 613-620.
- Klocke, F.; Wächter, D.; Kroedel, M.; Hüntten, M.: Optimization of the process chain for mirrors made of silicon carbide. In: Proc. SPIE 8450, Modern Technologies in Space- and Ground-based Telescopes and Instrumentation. 13.09.2012, o.a.S.
- Klocke, F.; Wang, Y.; Hollstegge, D.; Wang, F.; Liu, G.; Dambon, O.; Herben, M.; Yi, A.: Precision Glass Molding of Wafer Lens Optics. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> euspen International Conference. Stockholm, Sweden, 2012, o.a.S.
- König, N.; Schmitt, R.: Schnelle Rauheitsmesstechnik zur automatisierten 100-Prozent-Prüfung in Serienprozessen. In: Fraunhofer-Allianz Vision Technologietag 2012. Jena, 17.-18.10.2012, o.a.S.
- Kohlhoff, J.: Vergleich von Unscented- und Extended Kalman Filter zur Parameterschätzung. In: Universität Paderborn. 26.03.2012, o.a.S.
- Kohlhoff, J.: Einsatz eines Unscented-Kalman-Filters an Black-Box-Modellen nichtlinearer Systeme. In: Universität Paderborn. 26.03.2012, o.a.S.
- Kosub, T.; Hannig, S.; Brecher, C.; Bäuml, S.; Daniels, M.: Adaptive measurement solution for the dynamic flexibility of machine tools. In: ISMA2012 – International Conference on Noise and Vibration Engineering. Leuven, Belgium, 17.-19.09.2012, o.a.S.
- Kretschmer, A.: Automatisierung der Fertigung/Prozessintegration. In: Boos, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Werkzeugbau Akademie – Forschungsbericht 2011/12. 2012, S. 100-109.
- Kruse, D.; Fast, V.; Schweers, C.; Trächtler, A.: Einheitliche Testumgebung für MiL und RCP mittels NI VeriStand am Beispiel eines Waschautomaten. In: Virtuelle Instrumente in der Praxis 2012. 2012, Nr. 17, S. 323-325.
- Lindemann, D.; Brecher, C.; Wenzel, C.: OPTI(K)MUM. In: AT Aktuelle Technik. Jg. 35, 2012, Nr. 5, S. 18-20.
- Liu, Y.; Ur-Rehman, R.; Heinen, D.; Glasmacher, L.: Numerical methods for laser path calculation for surface treatment of dies and moulds. In: Proceedings of the 37<sup>th</sup> International MATADOR Conference: 2012, S. 407-410.
- Low, C. Y.; Aldemir, M.; Aziz, N.; Dumitrescu, R.; Anacker, H.: Strategy Planning of Collaborative Humanoid Soccer Robots based on Principle Solution. In: Proceedings of 1<sup>st</sup> German-Malaysian Workshop. Hannover, 27.-29.06.2012, o.a.S.
- Low, C. Y.; Aziz, N.; Aldemir, M.; Dumitrescu, R.; Anacker, H.: Strategy Planning for Collaborative Humanoid Soccer Robots based on Principle Solution. In: 1<sup>st</sup> Joint Symposium on System-integrated Intelligence: New Challenges for Product and Production Engineering (SysInt 2012). Hannover, 27.-29.06.2012, o.a.S.

Mallmann, G.: Hochpräzise Inline-Messtechnik für die Laserbearbeitung. In: Laser Magazin. 2012, Nr. 4, S. 8-10.

Mallmann, G.; Bichmann, S.: Schnelle berührungslose Formmesstechnik. In: Drehteil + Drehmaschine. 2012, S. 94-95.

Mallmann, G.; Bichmann, S.: Schnelle Bohrlochinspektion. In: Fräsen und Bohren. 2012, S. 56-57.

Neugebauer, J.: Modellierung der Druckverteilung in einem Wärmepumpenkreislauf. In: Universität Paderborn. Paderborn, 26.07.2012, o.a.S.

Olenberg, A.: Bewertung der Modellgüte von numerischen Wärmeleitungssimulationen. In: Universität Paderborn. Paderborn, 26.07.2012, o.a.S.

Pothen, M.; Minoufekr, M.; Glasmacher, L.: Entwicklung für das Softwarewerkzeug »NCProfiler«. In: Entwicklung und Evolution von Forschungssoftware: Tagungsband des Workshops, Rolduc, 2013, o.a.S.

Peterka, P.; Todorov, F.; Kašik, I.; Matijec; Podrazký, O.; Šašek, L.; Mallmann, G.; Schmitt, R.: Wideband and high-power light sources for in-line interferometric diagnostics of laser structuring systems. In: Czech-Polish-Slovak Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optic – 18<sup>th</sup> Czech-Polish-Slovak Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics. 2012, S. 869718 (1-6).

Schaermann, W. : Modellierung des Auswuchtsystems eines Waschvollautomaten unter Dymola. In: Universität Paderborn. Paderborn, 29.02.2012, o.a.S.

Schierbaum, T.; Anacker, H.; Gausemeier, J.: Formalisierte Anforderungen in der Entwicklung mechatronischer Systeme. In: Proceedings of Tag des Systems Engineering (TdSE). Paderborn, 08.-09.11.2012, o.a.S.

Schmidt, W.: Modellierung einer Kapillare in einer Wärmepumpe. In: Universität Paderborn. Paderborn, 26.07.2012, o.a.S.

Schmitt, R.; Becker, P.: Prozesse optimieren mit dem Ressourceneffizienz-Wertstrom. In: Umwelt Magazin. 2012, Nr. 7/8, S. 16-19.

Schmitt, R.; Böckmann, M.: Vorgehensmodell zur Umsetzung energiebezogener Anforderungen nach ISO 50001 in integrierten Managementsystemen. In: Schmitt, R. (Hrsg.): Qualität im Unternehmen organisieren und umsetzen. Tagungsband zum 16. Business Forum Qualität. 2012, S. 181-193.

Schmitt, R.; Witte, A.: Präzisionsjustage faseroptischer Komponenten. In: Photonik – Fachzeitschrift für optische Technologien. 2012, Jg. 18, Nr. 2, S. 48-50.

Schmitt, R.; Witte, A.: Control of a Thermoplastic Tape Winding Process with Optical Metrology. In: Proceedings in Manufacturing Systems: Jg. 7, 2012, Nr. 3, S. 125-130.

Schmitt, R. (Hrsg.): Optics – Key Technology for the Future: International Colloquium. 27.-28.11.2012, o.a.S.

Schmitt, R.; Mallmann, G.: Hochpräzise Inline-Messtechnik für die Prozesskontrolle bei Laserstrukturiersystemen. In: Prozesskontrolle bei der Laserbearbeitung von Metallen und Kunststoffen. Nürnberg, 2012, o.a.S.

Schmitt, R.; Mallmann, G.; Winands, K.; Pothen, M.: Inline Process Metrology System for the Control of Laser Surface Structuring Processes. In: Physics Procedia. 2012, Nr. 39, S. 814-822.

- Schmitt, R.; Pfeifer, T.; Mallmann, G.: Machine integrated tele-centric surface metrology in laser structuring systems. In: Woo, S. (Hrsg.): Proceedings to the XX IMEKO World Congress – XX IMEKO World Congress Metrology for Green Growth. Busan, Republic of Korea, 09.-14.09.2012, S. TC2-O-2 (1-5).
- Schmitt, R.; Zentis, T.: Risk Minimized Procurement in Low Wage Countries. In: Deutsche Kautschuk Tagung. Nürnberg, 04.07.2012, o.a.S.
- Schmitt, R.; Zentis, T.: Risk Minimized Procurement in Low Wage Countries. In: CIRP Design Conference. Bangalore, India, 28.-30.03.2012, o.a.S.
- Schreier, V.; Trächtler, A.; Kruse, D.; Löffler, A.: Entwicklung einer ereignisdiskreten Steuerung für den Waschvollautomaten unter MATLAB/Simulink-Stateflow. In: Universität Paderborn. Paderborn, 25.04.2012, o.a.S.
- Schreiner, T.; Glasmacher, L.: The influence of CAD/CAM application driven tool path generation on the design process of electric drive trains for machine tools. In: Electric Drives Production Conference. Nürnberg, 2012, S. 342-348.
- Schug, P.; Mallok, M.; Glasmacher, L.: Durchgängige CAx-Prozessketten. In: Boos, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Werkzeugbau Akademie – Forschungsbericht 2011/12. 2012, S. 125-132.
- Schuh, G.: Erfolgsfaktor Wandlungsfähigkeit – Eine neue Ära der Dynamik. In: wt Werkstattstechnik online 102. 2012, Nr. 4, S. 175.
- Schuh, G.; Aghassi, S.; Orilski, S.; Schubert, J.; Bambach, M.; Freudenberg, R.; Hinke, C.; Schiffer, M.: Technology roadmapping for the production in high-wage countries. In: Production Engineering. Research and development 5 (2011), Nr. 4, S.463-473 (URL: <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-171864.html>. Erstelldatum: 23.10.2012. Zugriffsdatum: 19.3.2013) (DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11740-011-0324-z>)
- Schuh, G.; Drescher, T.; Aghassi, S.: Commercialize Technology Assets Comprehensively – A Case Study for Automated Tissue Engineering. In: International Journal of Science and Engineering Investigations. Jg. 1, 2012, Nr. 10, S. 36-48.
- Schuh, G.; Drescher, T.; Schubert, J.: Commercialize Technology Assets Comprehensively – A Case Study for Automated Tissue Engineering. In: Kocaoglu, D. (Hrsg.): Technology Management for Emerging Technologies (PICMET) – 2012 Proceedings of PICMET '12. Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Portland, USA, 29.07-02.08.2012, S. 1790-1804.
- Schuh, G.; Drescher, T.; Schubert, J.: Leveraging Technology Assets – Comprehensive Exploitation of Technologies. In: Kahlil, T.; Hosni, J.; Hung, S. (Hrsg.): Managing Technology-Service Convergences in a Post-industrialized Society – Proceedings of the 21<sup>st</sup> IAMOT Conference. National Tsing Hua University Hsinchu, Taiwan, 2012, S. o.a.S.
- Schuh, G.; Drescher, T.; Wemhöner, H.: Technologiemanagement als lebensfähiges System gestalten. In: Mieke, C.; Braunisch, D. (Hrsg.): Innovative Produktionswirtschaft – Jubiläumsschrift zu 20 Jahren produktionswirtschaftlicher Forschung an der BTU Cottbus, PTI Produktion – Technologie – Innovation. 2012, S. 59-78.

Schuh, G.; Hacker, P.; Czerniewicz, F.: Lifecycle Impact Profile for Efficient Product Development Jet Engine Example. In: Dornfeld, D. (Hrsg.): Leveraging Technology for a Sustainable World – Proceedings of the 19<sup>th</sup> CIRP Conference on Life Cycle Engineering. University of Berkeley, Berkeley, USA, 23.-25.05.2012, S. 479-484.

Schuh, G.; Hoppe, M.: The role of purchasing in new product development – Results of a consortium benchmark study. In: Kersten, W.; Blecker, T.; Ringle, C. (Hrsg.): Managing the Future Supply Chain – Current Concepts and Solutions for Reliability and Robustness. 2012, S. 257-275.

Schuh, G.; Hoppe, M.: Gestaltung der situativen Einbindung des Einkaufs in den Produktentstehungsprozess. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung – 8. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Paderborn, 2012, Band 306, S. 127-145.

Schuh, G.; Kreysa, J.: Structural analyses of supply markets. In: Esposito, E.; Evangelista, P.; Pastore, G.; Raffa, M. (Hrsg.): Purchasing & Supply Management in a Changing World – IPSERA 2012 Conference Proceedings. Naples, Italy, 02.04.2012, S. WP34/1-11.

Schuh, G.; Kreysa, J.; Schubert, J.: Towards more effective supply market analyses. In: Khalil, T.; Hosni, Y.; Hung, S. (Hrsg.): Managing Technology-Service Convergences in a Post-Industrialized Society – Proceedings of the 21<sup>st</sup> IAMOT Conference. National Tsing Hua University Hsinchu, Taiwan, 2012, o.a.S.

Schuh, G.; Pregler, T.; Kreimeier, M.: Immer die höchste Qualität sicherstellen – Benchmarking-Projekt, Teil 4. In: Beschaffung Aktuell: Jg. 58, 2012, Nr. 10, S. 22-25.

Schuh, G.; Preißner, F.; Spormann, C.; Kreimeier, M.: Einkauf (in) der Premiumklasse – Ergebnisse eines internationalen Benchmarking-Projekts, Teil 6. In: Beschaffung Aktuell. Jg. 59, 2012, Nr. 12, S. 24-26.

Schuh, G.; Richters, V.; Drescher, T.; Ünlü, V.: Material Cost Reduction Comprehensively Cross-Functional Process Approach. In: Esposito, E.; Evangelista, P.; Pastore, G.; Raffa, M. (Hrsg.): Purchasing & Supply Management in a changing World – IPSERA 2012 Conference Proceedings. Naples, Italy, 02.04.2012, S. WP66/1-6.

Schuh, G.; Schlöber, F.; Mangoldt, J.: Sofort dabei: der Einkauf bei Vaillant – Konsortial-Benchmarking Einkauf, Teil 5. In: Beschaffung Aktuell. Jg. 59, 2012, Nr. 11, S. 30-33.

Schuh, G.; Schubert, J.; Wellensiek, M.: Framework for the valuation of a technology established in a manufacturing system. In: Khalil, T.; Hosni, Y.; Hung, S. (Hrsg.): Managing Technology-Service Convergences in a Post-Industrialized Society – Proceedings of the 21<sup>st</sup> IAMOT Conference. Taiwan, 2012, o.a.S.

Schuh, G.; Schubert, J.; Wellensiek, M.: Model for the valuation of a technology established in a manufacturing system. In: Procedia CIRP 1. 2012, Nr. 3, S. 602-607.

Schuh, G.; Schulte-Gehrmann, A.; Wellensiek, M.; Schubert, J.: Designing Technology Management in SMEs. In: Khalil, T.; Hosni, J.; Hung, S. (Hrsg.): Managing Technology-Service Convergences in Post-Industrialized Society – Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Conference on Management of Technology. National Tsing Hua University Hsinshu, Taiwan, 2012, S. o.a.S.

Schuh, G.; Ünlü, V.: A review of methods supporting cost reduction in purchasing. In: Esposito, E.; Evangelista, P.; Pastore, G.; Raffa, M. (Hrsg.): Purchasing & Supply Management in a changing world – IPSERA 2012 Conference Proceedings. Naples, Italy, 2012, o.a.S.

Schuh, G.; Ünlü, V.: Decision-Making Model for Cost Reduction Methods in Supply Chains. In: Blecker, T.; Kersten, W.; Ringle, C. (Hrsg.): Pioneering Supply Chain Design – A Comprehensive Insight into Emerging Trends, Technologies and Applications. 1. Aufl., 2012, S. 319-335.

Schuh, G.; Wellensiek, M.; Hoppe, M.: Mit dem Einkauf Wert schöpfen – Ergebnisse eines internationalen Benchmarking-Projekts, Teil 2. In: Beschaffung Aktuell. 2012, Nr. 7-8, S. 24-25.

Schuh, G.; Wellensiek, M.; Hoppe, M.: Erfolgsfaktoren für den erfolgreichen Einkauf – Ergebnisse eines internationalen Benchmarking-Projekts, Teil 3. In: Beschaffung Aktuell. 2012, Nr. 9, S. 18-19.

Schuh, G.; Wellensiek, M.; Kreimeier, M.; Schubert, J.: Wissensschutz in der Produktion. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2012, Nr. 9, S. 647-651.

Schuh, G.; Wellensiek, M.; Schubert, J.; Hacker, P.; Meinecke, M.; Schaller, C.; Weber, P.; Zeppenfeld, C.; Kitzler, P.: Linking strategy and roadmap: Integrative design of technology, product and production. In: Kocaoglu, D.; Anderson, T.; Daim, T. (Hrsg.): Technology Management for Emerging Technologies: Proceedings of PICMET '12 Portland. Portland, USA, 29.07-02.08.2012, S. 147-157.

Schütte, A.; Brecher, C.; Emonts, M.: Micro-Pullwinding for Low Diameter Profiles. In: Proceedings of the 11<sup>th</sup> World Pultrusion Conference. Istanbul, Turkey, 22.-23.03.2012, o.a.S.

Schumacher, S.; Katterbach, W.: Von Service-Wüste keine Spur – Wie Unternehmen mit Hilfe des Fraunhofer IPT individuelle Dienstleistungen entwickeln und neue Kunden gewinnen. In: Wirtschaftliche Nachrichten. Jg. 93, 2012, Nr. 5, S. 18-19.

Stolorz, M.; Behrens, B.; Silipigni, A.; Torriani, C.: Influence of Hard Milling on the Surface Integrity of Hot Working Steel. In: Berg- und Hüttenmännisches Monatsheft. Jg. 157, 2012, Nr. 11, S. 420-426.

Teetz, A.: Werkzeuggestützter Übergang von der plattform-unabhängigen zur plattformabhängigen Modellebene für eingebettete Systeme im Automobilbereich. In: Universität Paderborn. Paderborn, 25.09.2012, o.a.S.

Vieten, H.; Bobek, T.: Datenhandling in modernen Prozessketten: Konsistenz und Präzision von Modell- und Messdaten. In: Potenziale und Trends im Bereich der CAD/CAM/NC-Verfahrenskette. Aachen, 06.-07.09.2012, o.a.S.

Wegener, M.; Hermani, J.-P.: FlexScan – Großflächige Beschichtungen durch Laserstrahl auftragschweißen. In: Schuh, G.; Boos, W. (Hrsg.): Werkzeugbau Akademie – Forschungsbericht 2011/2012. 2012, S.147.

Wilbert, A.; Behrens, B.; Dambon, O.; Klocke, F.: Robot Assisted Manufacturing System for High Gloss Finishing of Steel Molds – 5<sup>th</sup> International Conference (ICIRA 2012). In: Chun-Yi, S.; Subhash, R.; Honghai, L. (Hrsg.): Intelligent robotics and applications. 2012, S. 673-685.

Witte, A.; Schmitt, R.: Systemintegration von Sensoren für fluoreszenzbasierte Lab-on-a-Chip-Systeme. In: tm – Technisches Messen. Jg. 79, 2012, Nr. 1, S. 37-43.

Zentis, T.; Czech, M.; Prefi, T.; Schmitt, R.: Durch technisches Risikomanagement den Unternehmenserfolg absichern. In: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 2012, Nr. 4, S. 256-260.

Zentis, T.; Czech, A.; Prefi, T.; Schmitt, R.: Technisches Risikomanagement in produzierenden Unternehmen. In: Studienergebnisse. 2012, o.a.S.

# DISSERTATIONEN 2012

## DISSERTATIONS 2012

Donst, D.: Entwicklung eines Zweistrahlverfahrens zum flussmittelfreien Laserstrahlhartlöten von Aluminium-Blechwerkstoffen. Diss. RWTH Aachen, 2012

Freundt, M.: Einsatzbarkeit und Flexibilität hochpräziser Handhabungs- und Montagetechnik. Diss. RWTH Aachen, 2012

Hammers, C. : Modell für die Identifikation kritischer Informationspfade in Entwicklungsprojekten zur projektindividuellen Umsetzung der Quality-Gate-Systematik. Diss. RWTH Aachen, 2012

Niehaus, F.: Effiziente Herstellung von diskontinuierlichen Mikrostrukturen durch Ultrapräzisionszerspanung mit monokristallinen Diamantwerkzeugen. Diss. RWTH Aachen, 2012

Orilski, S.: Methodik zum dynamischen, datengeschützten Technologie-Roadmapping. Diss. RWTH Aachen, 2012

Steyer, M.: Laserunterstütztes Tapelegeverfahren zur Fertigung endlosfaserverstärkter Thermoplastlamine. Diss. RWTH Aachen, 2012

Tücks, R.: Automatisierte Feinbearbeitung von komplexen Werkzeugen und Formen aus Stahl. Diss. RWTH Aachen, 2012

# REFERENZEN

## REFERENCES



# IMPRESSUM

## EDITORIAL NOTES

### **Herausgeber/Publisher**

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT  
Steinbachstraße 17  
52074 Aachen  
Telefon/Phone +49 241 8904-0  
Fax +49 241 8904-198  
info@ipt.fraunhofer.de  
www.ipt.fraunhofer.de

### **Redaktion/Editorial Staff**

Susanne Krause M.A.

### **Übersetzung/Translation**

European Translation Centre Ltd., Capestang, F

### **Layout/Layout**

Heidi Peters

### **Fotos/Photos**

Fraunhofer IPT  
außer:  
Seite 21, 23, 25, 67, 95, 97, 99, 101, 103, 105, 106  
Panther Media GmbH  
Seite 35 MAN Diesel & Turbo SE  
Seite 63 Thilo Vogel  
Seite 85 Etalon AG

### **Druck/Print Shop**

RHIEM Druck, Voerde

© Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT  
Aachen, 2013

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
  
- Beratung und Management/Consulting and Management
- Leichtbau-Produktionstechnik/Lightweight Production Engineering
- Life Sciences/Life Sciences
- Maschinen- und Anlagenbau/Mechanical and Plant Engineering
- Optik/Optics
- Präzisions- und Mikrotechnik/Precision and Micro Technology
- Turbomaschinen/Turbomachinery
- Werkzeug- und Formenbau/Tool and Die Making

