

# FUTUR

Vision Innovation Realisierung



## Aktuelles aus Forschung und Entwicklung



## Nachhaltigkeit und Produktentstehung

## Innovative Bearbeitungskonzepte – effiziente Verfahren

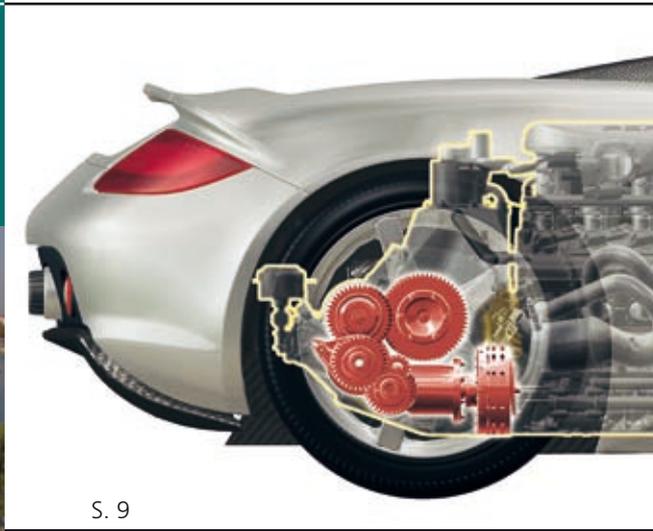


Fraunhofer  
Institut  
Produktionsanlagen und  
Konstruktionstechnik

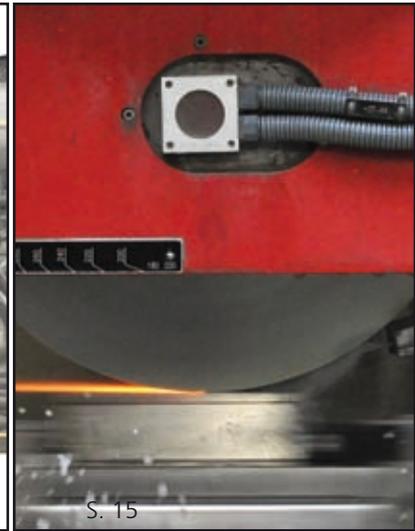


Institut für  
Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb  
Technische Universität Berlin

## Impressum



S. 9



S. 15

Futur 3/2008  
10. Jahrgang  
ISSN 1438-1125

Herausgeber:  
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Mitherausgeber:  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann  
Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Prof. Dr.-Ing. Kai Mertins  
Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger  
Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark

Fraunhofer-Institut für  
Produktionsanlagen und  
Konstruktionstechnik (IPK)

Institut für Werkzeugmaschinen und  
Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin

Redaktion:  
Steffen Pospischil  
Christopher Hayes  
Ina Peters

Kontakt:  
Fraunhofer-Institut für  
Produktionsanlagen und  
Konstruktionstechnik (IPK)  
Leitung:  
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Pascalstraße 8-9  
10587 Berlin  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 40  
Telefax: +49 (0) 30 / 3 90 06-3 92

E-Mail: [info@ipk.fraunhofer.de](mailto:info@ipk.fraunhofer.de)  
<http://www.ipk.fraunhofer.de>

Gestaltung und Produktion:  
Michael Reitmann, Claudia Huth

Herstellung:  
Heenemann Druck GmbH

## Inhalt

- 04** Nachhaltigkeit und Produktentstehung
- 06** Polycarbonat im Werkzeugmaschinenschutz – Potentiale, Risiken und Lösungen
- 09** Besser bremsen und kuppeln mit C-SiC Komponenten
- 12** Feinbearbeitung von Vollhartmetallbohrwerkzeugen
- 14** Innovative Bearbeitungskonzepte – Hochleistungsprofilschleifen im Schnellhubverfahren
- 16** UNI-Ford für Forscher und Besucher
- 18** Effizienter Zerspanen mit Simulation
- 20** Analyse der Effekte beim Trockeneisstrahlen
- 23** parts2clean in Stuttgart: Rund ums Reinigen
- 25** Fraunhofer-Innovationscluster Sichere Identität eröffnet
- 26** Ereignisse und Termine

## Editorial

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann



Liebe Leserinnen,  
liebe Leser,

tagtäglich wetteifern Politiker, Wirtschaftsverbände oder Wirtschaftsexperten mit schlechten Nachrichten, was die Entwicklung der Industrie im Jahr 2009 betrifft. So erwartet der Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) einen Rückgang der deutschen Werkzeugmaschinenproduktion um 15 Prozent. Und auch die Ursache ist schnell gefunden: Nach Angaben des VDW sind rund 30 Prozent der deutschen Werkzeugmaschinenproduktion für die Automobil- und die Automobilzulieferindustrie bestimmt – deren Situation wird in den Medien hinreichend diskutiert.

Was kann die betroffene Industrie also tun, um dem Abwärtstrend entgegenzusteuern? In einer Forschungseinrichtung wie dem PTZ stellt man sich natürlich die Frage: Wie können wir unseren Kunden, die unter solchen Entwicklungen leiden, helfen? Was haben wir Forscher anzubieten, wenn der Bedarf an neuen Maschinen und Anlagen schwächelt, wenn Investitionen in Neueentwicklungen zumindest hinausgeschoben werden?

Zu sehr schwarzmalen muss man sicher nicht. So erlebte die deutsche Industrie einen bemerkenswerten Aufschwung über die vergangenen fünf Jahre. Außerdem ist sie im Weltmarkt technologisch sehr gut positioniert – so der VDW in seiner Studie weiter. Sie arbeitet seit langer Zeit an Zukunftsprojekten ganz vorne mit. Aufzählen lassen sich beispielsweise die Energie- und Medizintechnik oder umweltfreundliche, verbrauchsarme

Antriebstechnologien. Und genau hier kommt die erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Wissenschaft, die ja der Wirtschaft immer einen Schritt voraus sein sollte, ins Spiel.

Seit Jahren wird im PTZ gemeinsam mit den Industriepartnern geforscht und entwickelt. Fragen der Energieeffizienz, der Qualitätssicherung, der Zustandsüberwachung oder des Lifecycle-Managements waren dabei schon immer ein Thema, das nun in der Krise an Bedeutung gewinnt. Geht der Bedarf an neuen Anlagen zurück, müssen ältere Anlagen länger laufen, besser optimiert werden und öfter und intensiver gewartet werden. Auch eine Komplettüberholung ist statt einer Neuanschaffung möglich. Dieses Feld des »Maintenance, Repair & Overhaul (MRO)« bildet für die Zukunft einen wesentlichen Schwerpunkt der Arbeit am PTZ. Ein kürzlich gegründeter MRO-Innovationscluster wird die angewandte Forschung in Zusammenarbeit mit der Industrie voranbringen – genau zur richtigen Zeit!

E. Uhlmann

## Nachhaltigkeit und Produktentstehung

**Im Allgemeinen zeichnet sich Nachhaltigkeit in der Produktentstehung dadurch aus, dass ökonomische, ökologische und soziale Produkthanforderungen erreicht und miteinander in Einklang gebracht werden. Hinzu kommt, dass das allgemein wachsende Bewusstsein in der Bevölkerung für einen nachhaltigen Lebensstil nicht zuletzt auch durch die entsprechende Gesetzgebung zu einer zunehmenden Verantwortung der Hersteller für ihre Produkte über deren gesamten Lebenszyklus führt. Da die wesentlichen Eigenschaften und Merkmale von Produkten schon in den Phasen der Produktentstehung festgelegt werden, ist es notwendig und zielführend, Aspekte der Nachhaltigkeit in den Produktentstehungsprozess (PEP) zu integrieren. Der Produktentwickler muss dabei auf sein Produkt- und Methodenwissen vertrauen und die Auswirkungen von Entscheidungsalternativen des zu entwickelnden Produktes auf dessen Nachhaltigkeit abwägen und bewerten. Aufgrund zunehmender Produktkomplexität und -gestaltungsvielfalt ist dies ohne Methoden- und Werkzeugunterstützung nicht möglich.**



### ► Zukunftsszenarien für Nachhaltigkeit in der Produktentstehung

Im Mittelpunkt einer wettbewerbsfähigen und nachhaltigen Produktentwicklung stehen deren Entwicklungsprozesse und methodische Vorgehensweisen. Beide sind auf langfristige Entwicklungen des Marktes auszurichten, damit Unternehmen frühzeitig auf sich verändernde Randbedingungen reagieren können. Um Aspekte der Nachhaltigkeit in den PEP zu integrieren, wurde am Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) ein methodischer Ansatz auf Basis von Szenarien entwickelt. In fünf Schritten werden produkt- und

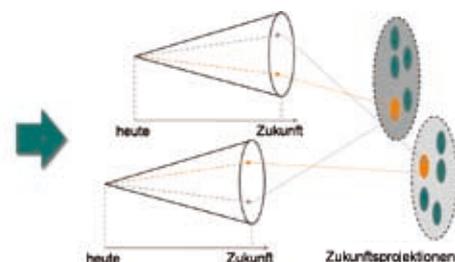
prozessbezogene Zukunftsszenarien für ein nachhaltiges Produktumfeld aufgestellt. Die Szenarien lassen sich abschließend auf den PEP rückprojizieren, so dass dieser an zukünftige Entwicklungen und nachhaltige Kriterien und Eigenschaften angepasst werden kann. Diese Vorgehensweise bildet die Basis zur Planung und Entwicklung neuer – und nachhaltiger – Produkte.

### ► Nachhaltiger Projekterfolg durch Mitarbeiterkompetenzmanagement

Zwar unterstützt der zuvor beschriebene Ansatz den PEP darin, nachhaltige Produkte hervorzubringen, allerdings sollte auch der PEP an sich nachhaltig gestaltet sein, beispielsweise durch ein geeignetes Kompetenzmanagement von Mitarbeitern. Die Erfahrung und die Qualifikation von



Einflussfaktoren	Dimension
Lebensqualität	sozial
Technikakzeptanz	sozial
Kundengesundheit und -sicherheit	sozial
Produktvarianten	ökonomisch
Nutzungsdauer	ökonomisch
Lebenszykluskosten - Fabrik	ökonomisch
Rohstoffverfügbarkeit und -reichweiten	ökologisch
Funktionalität und Gebrauchstauglichkeit	ökologisch
Emissionen, Abwasser, Abfall	ökologisch
...	...



Produktentwicklung auf Basis von Szenarien

Mitarbeitern ist eine der wichtigsten Grundlagen für eine erfolgreiche Produktentstehung. Oft werden Mitarbeiter den Projekten in Abhängigkeit der Beschäftigungssituation zugeordnet, soziale Faktoren wie die Mitarbeiterentwicklung bleiben dabei indes unberücksichtigt. Vor diesem Hintergrund wurde am IWF ein



Vision einer Bauteilbewertung mittels Assistenzsystem

Werkzeug entwickelt, dass Projektleiter darin unterstützt, geeignete Mitarbeiter für bestimmte Projekte zu ermitteln. Dabei wird das Ziel der geeigneten Qualifikation der Mitarbeiter zur Aufgabenerfüllung mit dem Ziel, Mitarbeiter in der Entwicklung ihrer individuellen Kompetenzen zu fördern, abgestimmt. Einerseits ermöglicht die Zuordnung der bestgeeigneten Mitarbeiter zu einem Projekt die Minimierung von Dauer und Kosten. Andererseits führt ein Zusammenarbeiten von unerfahrenen Mitarbeitern mit erfahrenen zu einem Know-how-Transfer und dient so als Qualifikationsmaßnahme.

#### ► Assistenzsysteme für die Zukunft

Die aufgezeigten Ansätze machen deutlich, dass die komplexen Zusammen-

hänge zwischen Entscheidungen in der Produktentwicklung und deren Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen im PEP ganzheitlich und ausgewogen berücksichtigt werden müssen. Zukünftige Forschungsaktivitäten befassen sich mit einer weitergehenden Unterstützung durch Assistenzsysteme. Diese sollten in die Werkzeugumgebung der Produktentstehung integriert werden und so die Entwicklung und Produktion ökonomisch erfolgreicher, ökologisch vertretbarer und sozial gerechter Produkte gewährleisten.

Mit den hier beschriebenen Ansätzen begleitet das IPK Unternehmen aus den verschiedenen Industrie- und Dienstleistungsbranchen auf ihrem Weg zur Entwicklung nachhaltiger Produkte.

*In fact, sustainability aligns economic, ecological and social perspectives. Against the background of legislation and a growing awareness among the population regarding a sustainable lifestyle the manufacturer's responsibility of its products grows throughout the product lifecycle. Since essential attributes and characteristics of products are already determined in the stages of product development it is necessary to integrate sustainable aspects in the product development process. Nowadays, product developers rely on their product knowledge and methods in order to evaluate the impact of design alternatives on the product lifecycle. But due to increasing product complexity and diversity this mission is rather impossible – one depends on supporting methods and tools.*



#### Ihre Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Kai Lindow  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06 214  
E-Mail: kai.lindow@tu-berlin.de

Dipl.-Inf. Robert Woll  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06 214  
E-Mail: robert.woll@ipk.fraunhofer.de

## Polycarbonat im Werkzeugmaschinenschutz – Potentiale, Risiken und Lösungen

**Der Einsatz von Polycarbonat (PC) in trennenden Schutzeinrichtungen, genauer in Maschinenschutzfenstern, ist seit dem Aufkommen der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung an der Tagesordnung und ist aus diesem Bereich nicht mehr wegzu-denken. Die Attraktivität dieses Werkstoffs liegt in der hohen Duktilität und in dem daraus folgenden hohen Durchdringungswiderstand. Die Absorption der Aufprallenergie erfolgt durch eine große elastische Verformung, die in eine geringere plastische Verformung mündet. Allerdings altert das Material unter dem Einfluss verschiedenster Prozesse und kann somit für den Anwender erhebliche Gefahren bergen.**

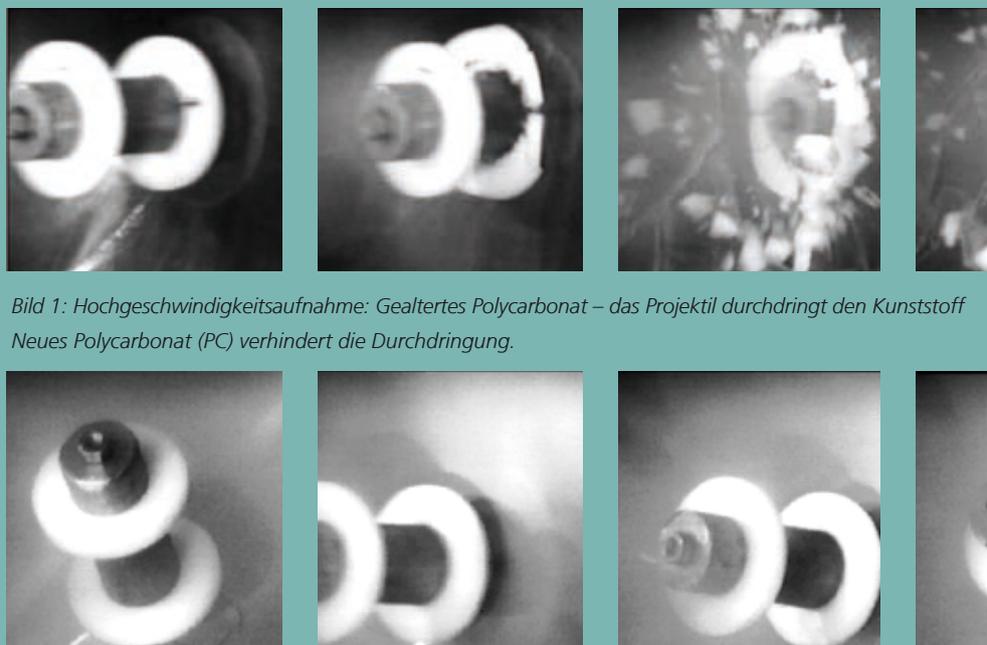
Bislang ist kein anderer transparenter Werkstoff bekannt, der im monolithischen Aufbau, also ohne die Kombination mit weiteren Werkstoffen, ähnlich hohe Werte für den Einsatz in trennenden Schutzeinrichtungen aufweist. So liegt der Durchdringungswiderstand eines zwölf Millimeter starken Polycarbonats bei einer Aufprallprüfung nach DIN EN 12417 (100g-Projektil) bei 1125 Newtonmeter, während er bei einem gleich starken Polymethylmethacrylat (PMMA) bei 31 Newtonmeter liegt [1]. 2008 wurden am IWF erneut stichprobenartige Versuche mit Polyethylenterephthalat (PET-G), PET »reinforced«, Acrylglas und PMMA durchgeführt, um zu untersuchen, ob die Kunststoffhersteller durch den Zusatz von Additiven signifikante Verbesserungen

erzielen konnten. Dieses konnte nicht bestätigt werden, so dass der Einsatz von Polycarbonat noch immer die sinnvollste Lösung darstellt.

### ► Leiden im Alter

Jedoch hat das Material neben dem höheren Preis beim Einsatz im Werkzeugmaschinen-schutz einen großen Nachteil, der den positiven Aspekt des Durchdringungswiderstandes für die Nutzung stark beeinträchtigt: die Alterung durch UV-Licht, Kühlschmierstoffemulsionen, unsachgemäße Reinigung und den Einsatz von ungeeigneten Additiven, um höhere Werkzeugstandzeiten, bessere Oberflächengüten und höhere Produktivität zu erzielen. Die Alterung führt zu einem signifikanten Rückgang des Durchdrin-

gungswiderstandes mit zum Teil verheerenden Folgen für den Maschinenbediener: gealterte Scheiben »verlieren« ihre Duktilität und brechen bereits bei einem Bruchteil des Werts von neuen Scheiben spröde (vgl. Bild 1). Mit der Problematik der Alterung durch den Einsatz von Kühlschmierstoffemulsionen beschäftigt sich das IWF bereits seit Ende der 90er Jahre. Aufbauend auf ersten Erkenntnissen aus Untersuchungen des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitssicherheit und des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken [2], aus denen die erste »Alterungskurve« (vgl. Bild 2) entstand, wurden von BOLD [3] weitere Untersuchungen durchgeführt. Diese bestätigten die Ergebnisse im Allgemeinen, wobei der Fokus darauf lag, Kurzzeitprüfverfahren



*Bild 1: Hochgeschwindigkeitsaufnahme: Gealtertes Polycarbonat – das Projektil durchdringt den Kunststoff. Neues Polycarbonat (PC) verhindert die Durchdringung.*

mit Hilfe eines Tauchbeckens durchzuführen. Aktuell wird am IWF ein Forschungsprojekt bearbeitet, welches das Ziel hat, die Alterung von PC in die FEM-Aufprallsimulation zu integrieren. Hierzu werden in einem Alterungsversuchsstand PC-Scheiben thermooxidativ und chemisch gealtert. Die Alterung erfolgt in einem simulierten Drei-Schicht-Betrieb mit einer 8%-Kühlschmierstoffemulsion, deren Temperatur 50 Grad Celsius beträgt, und einseitiger Benetzung. In regelmäßigen Abständen werden Scheiben entnommen und untersucht, so dass sowohl Aussagen über den kurz- als auch über den langzeitigen Alterungsfortschritt getroffen werden können.

#### ► Geprüfter Aufprall

Die experimentellen Untersuchungen zur Bestimmung des Rückgangs des Durchdringungswiderstandes werden in Anlehnung an die in den Normen DIN EN 12415 – hier mit dem 2,5 Kilogramm-Projektil – und DIN EN 12417 genannten Aufprallprüfungen durchgeführt. Des Weiteren werden FE-Modelle zur Simu-

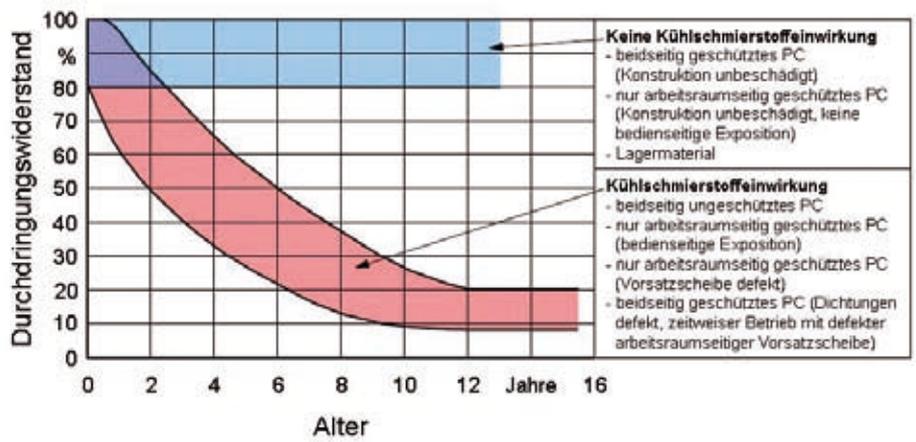


Bild 2: Abhängigkeit des Durchdringungswiderstandes geschützter und ungeschützter Polycarbonatscheiben von der Alterung [2]

lation des Impactverhaltens von neuen und gealterten Sichtschutzscheiben aus Polycarbonat erstellt, in denen das Werkstoffverhalten, charakterisiert durch Kennwerte der linear elastischen Werkstoffverformung und der visko-plastischen Werkstoffverformung, Dämpfungsparameter und Versagenskriterien, implementiert wird. Hierbei werden die Alterungszustände in Form von dynamischen Fließkurven und Versagensdehnungen sowie einer nutzerspezifischen Materialroutine einbezogen [4].

Obwohl die ersten Untersuchungen bereits lange zurück liegen und sich an den Ergebnissen keine grundlegenden Änderungen ergeben haben, ist die Thematik aktueller denn je. Dieses erkennt man vor allem in der noch nicht veröffentlichten Norm DIN EN ISO 23125 (Machine Tools Safety Turning Machines), in welche erstmalig eine Alterungskurve aufgenommen wurde, an den Diskussionen im Normenausschuss sowohl national als auch international und an den Anfragen aus der Industrie an das Institut.

#### ► Polycarbonat schützen

Die Problematik, wie man der Alterung von PC durch UV-Licht, Kühlschmierstoffemulsionen und der unsachgemäßen Reinigung begegnen kann, ist denkbar simpel: durch den Schutz der Scheiben. Die Realisierung dieses Schutzes ist dagegen deutlich komplexer. Hier reicht eine einfache Hardcoat-Beschichtung, wie bereits 2002 im VDW-Papier »Polycarbonat-Sichtscheiben in Werkzeugmaschinen« beschrieben, nicht aus, auch wenn diese Meinung

*The use of polycarbonate in safety installations, for example in machine windows, has increased rapidly since the advance of high speed processing and is since a standard feature of the respective field. The positive characteristics of this material are its high ductility and with that its strong diffusion resistance. The absorption of impact energy takes place as an elastic distortion, therefore, as a less ductile one in the end. However, under the influence of various processes, the material ages quite rapidly and can thus carry a significant danger for the user.*

#### Ihr Ansprechpartner

Ihr Ansprechpartner:  
Dipl.-Ing. Bernd Duchstein  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 14 - 2 44 56  
E-Mail: duchstein@iwf.tu-berlin.de

durchaus verbreitet ist [5]. Ein dauerhafter, bleibender und sinnvoller Schutz ist nur durch den Einsatz von geschütztem PC, d. h. durch Folie, Glas oder beständige Beschichtungen, gegeben. Entgegen der bisherigen Angaben in den Normen zur Sicherheit von Werkzeugmaschinen wird dieser Erkenntnis nun in der DIN EN ISO 23125 Rechnung getragen.

Durch die Verwendung von geschütztem PC bei Maschinenschutzfenstern kann man die positiven Eigenschaften des Werkstoffes nutzen und gleichzeitig die Probleme kompensieren. Entscheidet man sich allerdings für einen »Multi-Layer«-Aufbau, das heißt für die Kombination mit Glas, kann auch der Einsatz von PET-G in Betracht gezogen werden. In jedem Fall sollten Experten in den Entscheidungsprozess integriert werden, da diese über das nötige »Know-How« verfügen.

Trotz all dieser Vorsichtsmaßnahmen kann ein Risiko nicht vollkommen ausgeschlossen werden: der Einsatz von aggressiven Additiven im Kühlschmierstoff. Obwohl sowohl Werkzeugmaschinen- als auch Maschinenschutzfenster-Hersteller detaillierte Hinweise zur Verwendung von Kühlschmierstoffen und Reinigungsmitteln geben, zeigt die Praxis leider, dass sich nicht jeder Maschinenanwender an diese Vorgaben hält. Die Folgen hierdurch sind vielfältig: von »zerfressenen« Schläuchen, verrosteten Maschinen bis zu Fensterdichtungen, die aus dem Rahmen »fließen«. All dies führt zu einer geringeren Lebensdauer der Maschine beziehungsweise in Bezug auf die Fensterdichtungen zu einer extremen Gefährdung des Maschinenbedieners. Da der Anwender zum Teil nicht weiß, welche Langzeitfolgen der Einsatz solcher Additive für die Werkzeugmaschine hat, besteht hier noch akuter



Bild 3: Sicherheitsfenster einer Werkzeugmaschine. Links im Fenster ist der Einschlag einer Spannbacke zu erkennen.  
Bild: SEGE Sicherheitsfenster GmbH & Co. KG

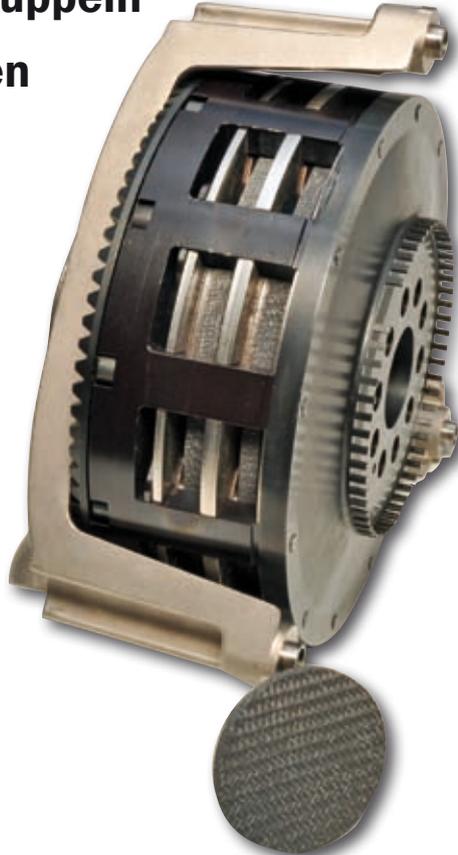
Handlungs- und Informationsbedarf, um eine Sensibilisierung zu erreichen. Um diese Sensibilisierung zu erreichen und Lösungen für den gefahrlosen Einsatz von PC in Werkzeugmaschinen zu erarbeiten, werden am IWF der TU Berlin und am Fraunhofer IPK weitere Forschungsarbeiten sowohl grundlagen- als auch industriebezogen durchgeführt.

#### Quellen:

- [1] DIN EN 12417: Werkzeugmaschinen – Sicherheit – Bearbeitungszentren. März 2007.
- [2] Mewes, D.; Trapp, R.-P.; Wahrlich, H.-J.: Trennende Schutzeinrichtungen an spanenden Werkzeugmaschinen. Düsseldorf, Sonderdruck für die Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften, 2005.
- [3] Bold, J.: Trennende Schutzeinrichtungen für Werkzeugmaschinen zur Hochgeschwindigkeitsbearbeitung. Dissertation am IWF der TU Berlin, 2004.
- [4] Uhlmann, E.; Duchstein, B.: FEM-Aufprallsimulation für die sicherheitsgerechte Entwicklung von Werkzeugmaschinen. In: wt-online. 98 (2008) Nr. 7/8, S. 533-537.
- [5] Würz, T.; Kuhn Münch, K.-P.; Mödden, H.: VDW-Merkblatt »Polycarbonat-Sichtscheiben in Werkzeugmaschinen«, Frankfurt am Main, Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) e. V., 2002.

## Besser bremsen und kuppeln mit C-SiC Komponenten

**Werkstoffe und Bauteile aus Hochleistungskeramik stellen ein ausgewiesenes Kompetenzfeld der Fraunhofer-Gesellschaft dar. Das Forschungsspektrum reicht entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Modellierung und Simulation über die anwendungsorientierte Werkstoffentwicklung, die Fertigung und Bearbeitung von keramischen Komponenten bis hin zur Bauteilcharakterisierung, Bewertung und zerstörungsfreien Prüfung unter realen Einsatzbedingungen. Mit ihrem Demonstrationszentrum bietet die Fraunhofer-Allianz Hochleistungskeramik seit nunmehr fünf Jahren ihren Kunden eine umfassende und praxisgerechte Demonstration der Einsatzmöglichkeiten von Hochleistungskeramik.**



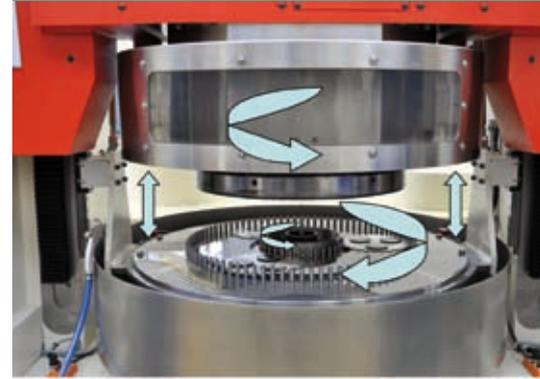
*Bild 1: Porsche Ceramic Composite Clutch – PCC und das am Produktionstechnischen Zentrum Berlin bearbeitete C-SiC-Probewerkstück*

In den zurückliegenden fünf Jahren kann das Fraunhofer-Demonstrationszentrum auf eine erfolgreiche Bilanz zurückblicken. Dank einer attraktiven Standortgestaltung mit Unterstützung der Marke »AdvanCer« und begleitet durch den gleichnamigen Newsletter werden Keramikhersteller und -anwender für innovative Systemlösungen angesprochen und als Partner für die FuE-Kooperation mit den beteiligten Fraunhofer Instituten gewonnen. Für die fachliche Qualifizierung wurde eine Schulungsreihe zur »Einführung in die Hochleistungskeramik« konzipiert und bereits das fünfte Jahr in Folge umgesetzt. Die dem Demonstrati-

onszentrum »AdvanCer« zur Verfügung stehenden Mittel werden jedoch vorrangig für die Entwicklung und Präsentation von Demonstratoren eingesetzt. Diese zielen auf neue Anwendungen, verbinden Eigenschaftspotenziale der Hochleistungskeramik mit innovativen Verfahren und Technologien und schließen Lösungen zur Systemintegration ein.

### ► Technologiesystem C-SiC

Faserverstärkte Keramikverbundwerkstoffe erfahren in der jüngsten Zeit im Zusammenhang mit ihrer Anwendung als Werkstoff für Brems- und Kuppelungscheiben einen bemerkenswerten



*Bild 3: Kinematik zur Bearbeitung von C-SiC-Probewerkstücken durch Hochleistungsplanschleifen*

*Materials and components made of high performance ceramics are a known competence of the Fraunhofer-Gesellschaft. The research undertaken covers the entire value creation chain from modeling and simulating to application oriented development of materials, to manufacturing and processing of ceramic components, up to characterizing parts, evaluating and testing them under live conditions. Since its establishment in 2003, the Demonstration Center High Performance Ceramics offers a comprehensive presentation of possible applications for High Performance Ceramics.*

### Ihr Ansprechpartner

Tiago Borsoi Klein, M.Sc.,  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-154  
E-Mail: tiago.borsoi.klein@ipk.fraunhofer.de

Christoph Hübert  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-390  
E-Mail: huebert@iwf.tu-berlin.de

Aufschwung. Neben dem Rennsportsektor befinden sich derartige keramische Komponenten immer häufiger auch in hochpreisigen Sport- und Oberklassefahrzeugen bereits im Serieneinsatz. Zudem ist ein klarer Trend zur Verwendung dieser innovativen Technologie auch in den Volumenmodellen der Automobilhersteller abzusehen. Darüber hinaus existiert eine Vielzahl von Anwendungen wie etwa in Luft- und Schienenfahrzeugen, in der Fördertechnik, zum Beispiel in Aufzügen oder Windkraftanlagen, wo das vorteilhafte Eigenschaftsspektrum dieser Werkstoffe, wie geringes Gewicht, sehr hohe Lebensdauer und konstantes Bremsverhalten, von großer Bedeutung ist. Angesichts der Tatsache, dass Bremsen und Kupplungen zu den am weitesten verbreiteten Maschinenelementen überhaupt gehören, besteht durch diese neuen kohlefaserverstärkten Verbundwerkstoffe ein erhebliches Potenzial, die Hochleistungskeramik als Konstruktionswerkstoff weiter zu etablieren. Allerdings stehen diesen werk-

stoffseitigen Vorteilen hohe Kosten in der Bauteilherstellung gegenüber, was eine rasche Einführung dieser Werkstoffe in den oben beschriebenen Segmenten behindert. Das Fraunhofer IPK ist der Koordinator des aktuellen Vorhabens »Technologiesystem zur Herstellung von C-SiC-Komponenten« im Rahmen des Demonstrationszentrums »AdvanCer«. Das Ziel desselben ist die Entwicklung und Bereitstellung eines kosten- und qualitätsoptimierten Technologiesystems zur Herstellung von Bauteilen aus kohlefaserverstärkten Keramikwerkstoffen auf SiC-Basis. Im Ergebnis des Projektes werden die beteiligten Partner Fraunhofer IWM, Freiburg, und Fraunhofer LBF, Darmstadt, in die Lage versetzt, durch das entwickelte Technologiesystem für industrielle Partner in den Bereichen Konstruktion, Werkstofftechnik, Produktionsplanung, Fertigung und Qualitätswesen sowie Lebensdauerbewertung ein umfassendes und sofort verfügbares Know-how zum beschriebenen Themenkreis anbieten zu können.

Als Demonstratoren werden die bearbeiteten Bauteile und Kupplungsscheibenproben aus C-SiC an den Instituten sowie in Arbeitskreisen und auf Messen präsentiert. Potenzielle Kunden finden sich im breiten Feld der Keramikherstellung und -bearbeitung sowie der Anwendung der Bauteile.

#### ► **Schleifbearbeitung von C-SiC-Kupplungsscheiben am PTZ Berlin**

Für die Entwicklung und Umsetzung des Technologiesystems zur Herstellung der verstärkten keramischen Komponenten wurden Probestaubeile aus C-SiC bearbeitet. Diese Bauteile wurden von der Firma SGL Brakes GmbH bereitgestellt und sind identisch mit dem Werkstoff der Kupplungsscheiben des Porsche Carrera GT (Porsche Ceramic Composite Clutch – PCCC), wie in Bild 1 dargestellt. Bei der Formgebung der tribologisch hochbeanspruchten Bauteile aus kohlefaserverstärkten SiC-Keramiken spielt die Endbearbeitung des gesinterten Werkstoffs eine maßgebliche Rolle. Im Gegensatz zur Bearbeitung monolithischer Keramiken liegen im Bereich der Endbearbeitung von faserverstärkten keramischen Werkstoffen durch Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide nur geringe und zum Teil widersprüchliche Erkenntnisse vor. Bei der Schleifbearbeitung whiskerverstärkter Keramiken sind infolge der erhöhten Bruchzähigkeit stark gesteigerte Bearbeitungskräfte dokumentiert. Dagegen werden beim Schleifen von gerichtet langfaserverstärkten Keramiken deutlich geringere Zerspankräfte bei stark erhöhtem Werkzeugverschleiß durch die abrasive Wirkung der spröden ausbrechenden Werkstoffcluster beobachtet. Darüber hinaus ist die Herstellung eines befriedigenden Oberflächenfinishes durch Ausbrüche ganzer Werkstoffbereiche, örtlicher Delamination und dem Aufdecken von inhärenter Porosität eine immer noch

Bild 2: Zweiseibenmaschine zum Hochleistungsplan schleifen mit Planetenkinematik



anspruchsvolle Aufgabe. Am Fraunhofer IPK werden derzeit innovative Verfahren für die Feinbearbeitung von Bauteilen aus C-SiC analysiert, wobei Untersuchungen an alternativen Schleifprozesskinematiken wie Pendelschleifen, Schnellhubschleifen und das in Bild 3 dargestellte Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsplanschleifen mit Planetenkinematik durchgeführt werden.

Das Verfahren des Planschleifens mit Planetenkinematik zeichnet sich insbesondere durch wirtschaftliche Fertigung planparalleler Funktionsflächen mit höchsten Genauigkeiten aus. Im Vergleich zu konventionellen Maschinensystemen lässt sich dadurch eine Reduktion der Bearbeitungszeiten von teilweise mehr als

80 Prozent erreichen. Durch Anpassung der Maschinensteuerung ließen sich Schrupp-, Schlicht- und Finishbearbeitung in einem Arbeitsgang realisieren. Die untersuchten Werkstücke zeichnen sich durch exzellente Planparallelitäten, Ebenheiten sowie enge Toleranzen bezüglich der Maßhaltigkeit aus. Einsparungspotenziale ergeben sich vor allem durch die deutlich reduzierten Bearbeitungszeiten und die optimierte Belastung der Schleifwerkzeuge. Die weiteren Untersuchungen mit der Pendel- und Schnellhubkinematik befinden sich in der Optimierungsphase und zeigen bereits, wie das Planschleifen mit Planetenkinematik ein hohes Anwendungspotenzial durch die richtige Wahl des Schleifwerkzeuges und der Prozessparameter bietet.

### Danksagung

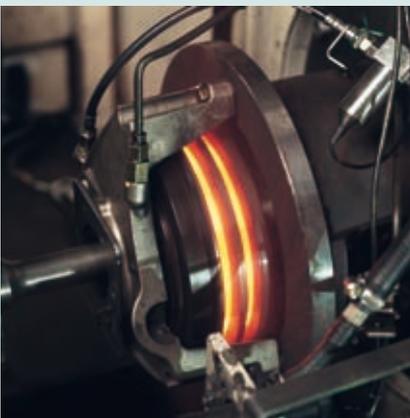
*Dem Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft, den Mitgliedern des Beraterkreises und den Teilprojektleitern aus den beteiligten Instituten sei ganz herzlich für die Förderung, die konstruktive Begleitung sowie die engagierte Umsetzung des Vorhabens gedankt, der Firma SGL Brakes und der Firma Effgen für die Bereitstellung des Probebauteile und Diamantwerkzeuge für die Schnellhub- und Pendelschleifuntersuchungen.*

### Mehr Informationen über die Allianz Hochleistungskeramik

[www.advancer.fraunhofer.de](http://www.advancer.fraunhofer.de)

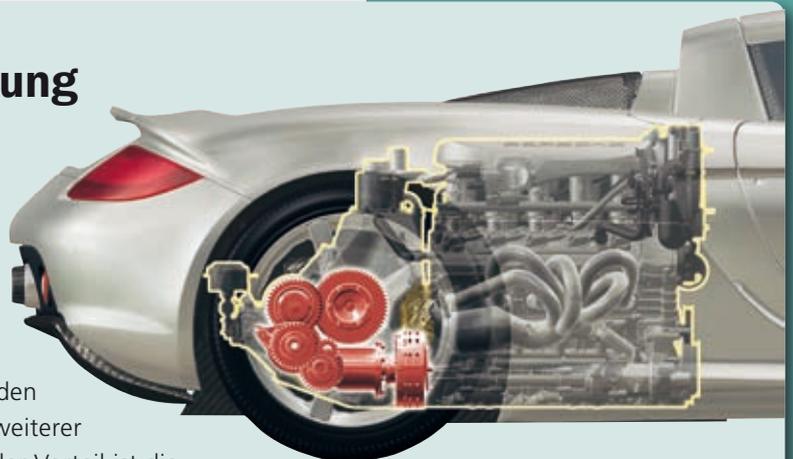
## Weltneuheit Keramik-Kupplung

Als weltweit erstes Fahrzeug besitzt der Carrera GT die Keramik-Kupplung PCCC (Porsche Ceramic Composite Clutch). Diese Weltneuheit beeindruckt durch den geringen Kupplungsscheiben-Durchmesser von 169 Millimeter, so dass ein



PCCC im Überlast-Test (Bilder: Porsche)

sehr tiefer Schwerpunkt für die Antriebseinheit gewählt werden konnte. Ein weiterer entscheidender Vorteil ist die geringe Masse, die sich positiv auf die Motordynamik auswirkt. Diese rennsporttypischen Ansprüche erfüllt bisher nur eine Kohlefaser-Kupplung, deren Lebensdauer jedoch um ein Vielfaches niedriger liegt und deshalb den Lastenheft-Anforderungen an die Alltagstauglichkeit nicht entsprochen hätte. Hinter der PCCC, die selbst die Lebensdauer von konventionellen Kupplungsscheiben übertrifft, verbirgt sich eine komplette Neukonstruktion. Dabei haben sich die Porsche-Ingenieure die ausgezeichneten



**Porsche Ceramic Composite Clutch (PCCC): Kupplungsentwicklung für tiefsten Aggregate-Schwerpunkt**

Erfahrungen mit ihrer Keramikbremse (PCCB) zunutze gemacht, und die Eigenschaften dieses Werkstoffes entsprechend weiterentwickelt, so dass er für eine Zweischeiben-Trockenkupplung eingesetzt werden konnte und eine lange Lebensdauer hat.

([www.porsche.de](http://www.porsche.de))

## Feinbearbeitung von Vollhartmetallbohrwerkzeugen

**Werkzeuge für Hochleistungsanwendungen benötigen ein abgestimmtes Konzept aus Substrat, Makro- und Mikrogeometrie sowie der Hartstoffbeschichtung. Die Gestaltung der Mikrogeometrie der Schneide und der Werkzeugrandzone mittels innovativer Oberflächenbehandlungsverfahren begünstigt einen geeigneten Spannungszustand der Randzone und eine gute Schichtanbindung. Darüber hinaus kann über die Steigerung der Oberflächengüte ein verbesserter Spanfluss herbeigeführt werden.**

Durch optimierte Schicht/Substrat-Übergänge wird eine verbesserte Ableitung der bei der Zerspaltung auftretenden Kräfte gewährleistet und somit ein signifikanter Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines Werkzeuges ausgeübt. Ziel eines aktuellen Forschungsprojekts ist die Steigerung der Leistungsfähigkeit und der Prozesssicherheit PVD-beschichteter Vollhartmetallbohrwerkzeuge durch die gezielte Beeinflussung der Mikrogeometrie und Oberflächenrandzone mittels ausgewählter Feinbearbeitungsverfahren. So soll das Vorhaben eine Erweiterung des Einsatzgebiets dieser Werkzeuge

insbesondere bei der Zerspaltung gehärteter Stähle ermöglichen.

Neben der Identifikation geeigneter Bearbeitungsverfahren sowie die Anpassung der Bearbeitungsstrategie auf geometrisch komplexe Hartmetallwerkzeuge spielt insbesondere die Reproduzierbarkeit der Bearbeitungsergebnisse eine entscheidende Rolle. Zur Beurteilung der Werkzeuge wurde eine optisch arbeitende 4-Achs-CNC-Messmaschine Helicheck der Firma Walter eingesetzt. Das Messsystem erlaubt die berührungslose Komplettmessung aller relevanten Werkzeugparameter rotationssymmetrischer Werkzeuge. Darüber hinaus lassen sich über einen explizit für diese Messaufgabe vorhandenen Sensor Schneidkantenradien im Bereich von drei

bis 100 Mikrometer mit hoher Wiederholgenauigkeit an definierten Punkten auf der Schneide vermessen (Bild 1).

In den Untersuchungen haben Forscher des Fraunhofer Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) das Strömungsschleifen hinsichtlich der Eignung als beschichtungsgerechtes Vorbehandlungsverfahren analysiert. Das Strömungsschleifen ist ein Finishing-Verfahren, das hervorragend zum Entgraten, Polieren, definierten Kantenverrunden und gezielten Entfernen von Randschichten an duktilen und sprödharten Werkstoffen geeignet ist. Es grenzt sich von anderen Feinbearbeitungsverfahren dadurch ab, dass es schwer zugängliche Kavitäten, Innenkonturen, Bohrungen und Hinterschneidungen bearbeiten kann. Das Werkzeug ist eine polymere visko-elastische Masse, angereichert um eine Schleifkörnung, die entlang der zu bearbeitenden Konturen in einer zyklisch alternierenden Bewegung geführt wird und dadurch einen abrasiven Effekt herbeiführt.

### ► **Bearbeitungsergebnisse**

Die Bearbeitung der Bohrwerkzeuge erfolgte unter Verwendung eines Diamantabrasivkorns und einem Arbeitsdruck von 10 bar unter Variation der Bearbeitungszeit beim Strömungsschleifen. Die Oberflächengüte des beschichteten Werkzeuges sollte mit Hinblick auf optimalen Spanfluss während



*Bild 1: CNC-Messmaschine  
Walter HeliCheck*

### Oberflächenrauheit Spanfläche

**Ausgangszustand**  
 ■ Werkzeugschleifen

**Bearbeitung**  
 ■ Strömungsschleifen

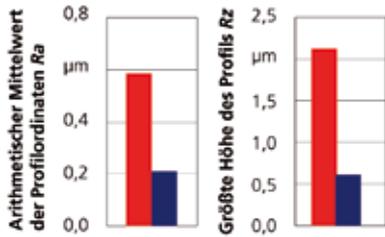


Bild 2: Oberflächenrauheit strömungsgeschliffener Bohrwirkzeuge

des Zerspanprozesses möglichst hoch sein. In der Regel weisen PVD-Beschichtungen nur geringe Dicken auf, so dass verfahrensspezifische Bearbeitungsspuren der Vorbehandlung im beschichteten Zustand noch zu erkennen sind. Daher müssen Bearbeitungsstrategien zur beschichtungsgerechten Substratvorbehandlung so gewählt werden, dass eine möglichst hohe Oberflächengüte erreicht wird.

Das Bild 2 zeigt die im Bereich der Spannut des Bohrwirkzeugs ermittelten Rauheitskenngrößen vor und nach dem Strömungsschleifen. Infolge Strömungsschleifen wurde die Oberflächengüte der bearbeiteten Werkzeuge signifikant gesteigert. In Versuchen mit geometrisch einfachen Probekörpern konnte nachgewiesen werden, dass Strömungsschleifen als Vorbehandlungsverfahren für Hartmetallsubstrate außerdem zur Reduktion der Kobalt-Binderphase sowie zur Erhöhung der Druckeigenspannungen in den Randzonen führt.

Ein weiteres Ziel der Untersuchungen am Fraunhofer IPK war die Beurteilung des Verfahrens Strömungsschleifen hinsichtlich der Möglichkeit prozesssicher und reproduzierbar Schneidkanten im Mikrometerbereich zu gestalten. Eine auf den Anwendungsfall angepasste Kantenverrundung führt zur Verstärkung der Kantenstabilität und verhindert die Bildung von Aufbauschneiden. Bild 3 zeigt mittels Strömungsschleifen kantenpräparierte Schneiden von Bohrwirkzeugen im Vergleich zum scharf geschliffenen und gefasteten Ausgangszustand. Ergebnis der Untersuchungen ist, dass sich mittels Strömungsschleifen auch bei geometrisch komplexen Hartmetallwerkzeugen neben einer signifikanten Erhöhung der Oberflächengüte der bearbeiteten Flächen auch

eine gezielte Verrundung der Schneidkanten erreichen lässt. Durch die Verwendung einer geeigneten Spannvorrichtung ist es darüber hinaus gelungen eine für die Bohrungsgenauigkeit maßgebliche geometrische Größe, den Werkzeugdurchmesser, unberührt zu lassen. Die Bearbeitung mittels Strömungsschleifen erfolgt ausschließlich an der Werkzeugstirn und entlang, bzw. innerhalb der Spiralnuten. Die Möglichkeit den Bearbeitungsort selbst

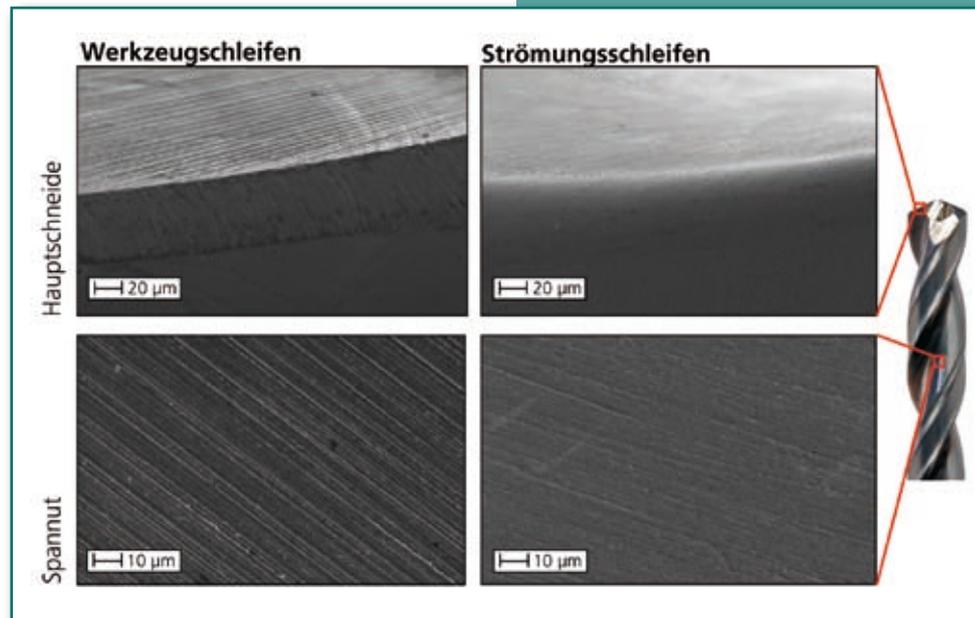


Bild 3: Beeinflussungen der Spannut und der Hauptschneide eines Spiralbohrers infolge Strömungsschleifens

an komplexen Schaftwerkzeugen gezielt zu wählen, unterscheidet das Strömungsschleifen von vielen andern Vorbehandlungsverfahren, wie Gleit-, Schleppschleifen, Strahlen und Bürsten.

In den folgenden Arbeitsschritten werden am Fraunhofer IPK durch Strömungsschleifen vorbearbeitete, beschichtete Werkzeuge in Zerspanversuchen zum Tieflochbohren in gehärtete Stähle untersucht. Darüber hinaus werden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchgeführt, um die Technologie des Strömungsschleifens als beschichtungsgerechtes Vorbehandlungsverfahren für Schaftwerkzeuge am Markt zu etablieren.

*Tools for high performance applications need a harmonized concept of substrate, macro- and micro geometry and coatings with high hardness. The design of the micro geometry of the cutting edge and of the tool edge zone using innovative surface treatment techniques is positive for a suitable stress state and a good layer connection. In addition, by increasing the quality of the surface an improved chip formation can be achieved. An optimized layer-substrate-connection will guarantee an improved diversion of the forces that occur during the cutting process and hence, will have a significant influence on the performance of a tool.*

#### Autoren:

Sebastian Richarz, Stefan Gebhard,  
Vanja Mihotovic

#### Ihr Ansprechpartner

Sebastian Richarz  
 Telefon: +49 (0) 30 / 3 14-2 29 03  
 E-Mail: richarz@iwf.tu-berlin.de

## Innovative Bearbeitungskonzepte – Hochleistungsprofilschleifen im Schnellhubverfahren

**Durch schleifende Verfahren werden in vielen Fertigungsprozessketten für unterschiedlichste Produkte die geometrie- und funktionsrelevanten Oberflächen erzeugt. Fehler am Ende dieser Wertschöpfungsketten führen in der Regel zum Ausschuss des Bauteils. Die wirtschaftliche Plan- und Profilarbeit erfolgte bisher zumeist im Tiefschleifverfahren unter kontinuierlichem prozessparallelem Abrichten (CD-Tiefschleifen). Diese Verfahrensausprägung ist jedoch nur dann wirtschaftlich, wenn eine hohe Stückzahl am Markt Absatz findet und so die hohen Investitionen für Abrichtwerkzeuge und maschinelle Ausrüstung rechtfertigen. Steigende Anforderungen an flexible Fertigungssysteme und zunehmende Individualisierung der Produkte verlangen auch bei der Endbearbeitung neue Fertigungsstrategien.**

Für die Plan- und Profilarbeit stellt das Schnellhubschleifen eine innovative Kinematik bereit, hochproduktiv und und prozesssicher zu fertigen, insbesondere bei thermisch empfindlichen Materialien und schwer zerspanbaren Werkstoffen wie beispielsweise Hochleistungskeramiken oder Nickelbasislegierungen. Beim CD-Tiefschleifen wird unter konstantem Abrichtvorschub die formgebende Kontur der Schleifscheibe während des Schleifprozesses erneuert, und es werden dem Schleifprozess kontinuierlich neue Schneiden zur Verfügung gestellt. Dies beinhaltet zwangsläufig einen hohen Schleifscheibenverschleiß und treibt die Werkzeugkosten in die Höhe. Darüber



Schnellhubschleifmaschine BLOHM Profimat MT 408

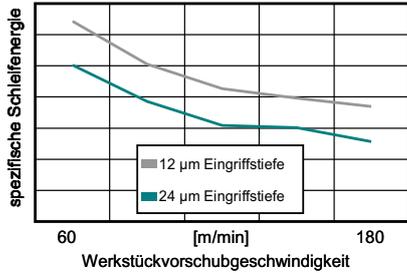
hinaus ist ein flexibler Einsatz dieses Verfahrens für die Fertigung kleinerer Stückzahlen nicht praktikabel, da für jede Kontur ein separates kostenintensives Abrichtwerkzeug sowie eine optimierte Kühlschmierstoffversorgung Voraussetzung ist.

Das Schnellhubschleifen schließt die Lücke zwischen hochproduktiven aber unflexiblen CD-Tiefschleifprozessen und dem zeitintensiven konventionellen Pendelschleifen mit Werkstückgeschwindigkeiten bis 36 m/min. Voraussetzung zum Schnellhubschleifen ist ein Maschinensystem, das neben höchsten Werkstückgeschwindigkeiten insbesondere höchste Beschleunigungen ermöglicht und zudem über eine hohe dynamische Steifigkeit verfügen muß. Mit dem am Fraunhofer IPK verfügbaren Maschinensystem BLOHM Profimat MT 408 lassen sich Werkstückgeschwindigkeiten von bis zu 200 m/min

bei Beschleunigungen von bis zu 50 m/s<sup>2</sup> einstellen.

Bei nahezu allen Schleifprozessen werden bis zu 95 Prozent der Energie in Wärme umgesetzt, wodurch die Schleifkörner abstumpfen und sich in der Folge die Energiebilanz verschlechtert. Die entstehende Wärme fließt bei unzureichender Kühlschmierstoffversorgung und Spanabtransport vorzugsweise in das Bauteil und es ergeben sich thermische Verlagerungen und oberflächennahe Schädigungen. Diesen Effekten kann entgegen gewirkt werden, indem die Zustellungen verringert und die Vorschubgeschwindigkeiten erhöht werden. Die Spanungsgrößen werden dadurch positiv beeinflusst und elasto-plastische Anteile an der Spanbildung verringert.

Dies wirkt sich insbesondere bei zähen Werkstoffen mit hohen plastischen Anteilen am Zerspanprozess positiv aus.



Abhängigkeit der spezifischen Schleifenergie von der Werkstückgeschwindigkeit bei verschiedenen Eingriffsverhältnissen

### ► Potenzial für innovative Korn- und Bindungstechnologien

Die wirtschaftliche Verwendung der Schnellhubkinematik stellt jedoch nicht nur hohe Ansprüche an das Maschinensystem, insbesondere müssen auch die Schleifwerkzeuge den Anforderungen des Prozesses und der Werkstoffeigenschaften angepaßt werden. Besonderes Einsatzpotenzial zur Bearbeitung von metallischen Werkstoffen bieten Kornwerkstoffe aus Sinterkorund. Sie verfügen verglichen mit Edelmetallen über eine ähnliche Härte, sind jedoch zusätzlich um ein Vielfaches zäher. Ein weiteres Merkmal, das Sinterkorunde von Edelmetallen unterscheidet, ist das Gefüge und die Festigkeiten der Kristallite untereinander. Durch die Herstellung der Sinterkorunde im Sol-Gel-Verfahren sind Kristallitgrößen mehrheitlich deutlich kleiner als ein Mikrometer darstellbar. Die durch Sintern verbundenen Kristallite weisen außerdem eine höhere Festigkeit auf als herkömmliche Edelmetalle. Dies macht ihren Einsatz im konventionellen Geschwindigkeitsbereich bisher nur in geringen Beimengungen sinnvoll, da die zum Kornsplittern notwendigen Einzelkornkräfte bei herkömmlichen Geschwindigkeiten nur durch geringere Kornkonzentrationen oder ein Verringern der Schneidenzahl erreicht werden können.

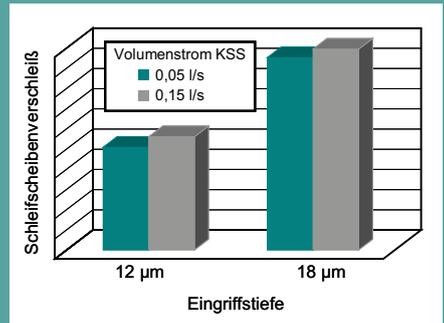
### ► Ergebnisse bei der Bearbeitung von metallischen Werkstoffen

In technologischen Untersuchungen bei der Profilbearbeitung des Wälzlagerstahls 100Cr<sub>6</sub> konnten im Vergleich zur Edelmetallschleifscheibe die Standzeiten um rund 400 Prozent gesteigert und die Bearbeitungsdauer auf ein Viertel gesenkt werden. Diese Werte können aktuell meist nur durch Verwendung hochharter Kornwerkstoffe erzielt werden.



Minimalmengenschmierung beim Schnellhubschleifen einer Nickelbasislegierung mit höchsten Abtrennraten

Neben anspruchsvollen Abrichtprozessen bieten auch diese nicht die Flexibilität eines konventionellen Schleifwerkzeugs und sind zudem deutlich kostenintensiver. Um dennoch an die Produktivität hochharter Schleifmittel heranreichen zu können, steht am Fraunhofer IPK in Zusammenarbeit mit führenden Schleifmittelherstellern die Entwicklung geeigneter Schleifwerkzeuge im Fokus. Um die Vorteile dieser hochdynamischen Bearbeitungskinematik voll ausnutzen zu können, werden Werkzeuge benötigt, die über einen hohen Verschleißwiderstand und entsprechende Bindungssysteme verfügen, die zum einen den hohen dynamischen Kräften standhalten können und zum anderen ein optimales Splitterverhalten aufweisen. Wie aufgezeigt wurde, muss bei Einsatz entsprechender Sinterkorundkörnung eine notwendige Einzelkornbelastung aufgebracht werden, um das gewünschte Verschleißverhalten des mikrokristallinen Splitters einzustellen. Dies kann vorzugsweise durch Steigerung der Werkstückgeschwindigkeiten erfolgen. Anders als bei klassischen Edelmetallen kommt es beim Einsatz von Sinterkorundkörnung infolge der Steigerung der Vorschubgeschwindigkeit über weite Bereiche nicht zum Ausbruch ganzer Kornverbände sondern die Neigung zum mikrokristallinen Splittieren wird verstärkt und die spezifische Schleifenergie kann gesenkt werden. Trotz signifikanter Steigerung der Produktivität, muss oft keine anhängliche Prozessoptimierung hinsichtlich Kühlschmierstoffversorgung erforderlich sein. Dem Anwender kann somit ein produktives Verfahren bereitgestellt werden, das es ihm ermöglicht, bei häufig wechselnden Profilformen hochproduktiv bei geringem Schädigungsrisiko zu fertigen.



Abhängigkeit des Schleifscheibenverschleißes vom Kühlschmierstoffvolumenstrom

*Grinding technologies are used in production of many different products for the machining of a large variation of geometrically and functionally relevant/important surfaces. Production faults which occur at the end of the processing chain generally lead to complete rejection of the component. New processing strategies are therefore needed due to the continually rising demands on flexible production systems and the increasing individualisation of products. Speed stroke grinding is a process which offers innovative kinematics for the machining of planar surfaces as well as profiles. This process allows highly productive machining with high process stability, particularly with thermally sensitive and difficult to machine materials such as high performance ceramics and nickel-based alloys.*

#### Ihr Ansprechpartner

Christoph Sammler  
Telefon: +49 (0) 30 / 31 47 93 44  
E-Mail: sammler@iwf.tu-berlin.de

## UNI-Ford für Forscher und Besucher

**Im Rahmen der Übergabe eines Fiesta Prototyps als Dauerleihgabe durch die Ford-Werke GmbH an das Fachgebiet Industrielle Informationstechnik der TU Berlin im Oktober wurden die nächsten konkreten Schritte zum weiteren Ausbau der gemeinsamen Kooperation entwickelt. Im Mittelpunkt stehen dabei zunächst die Pläne mit Hilfe des physischen Fiesta Prototyps und ausgewählter digitaler Fiesta Produktdaten ein praktisches Beispiel zur industrienahen Realisierung der virtuellen Produktentstehung (VPE) für Studierende, Besucher sowie Mitarbeiter des Fachgebiets zu demonstrieren.**

Zur Umsetzung dieses Vorhabens gibt es zwei generelle Handlungsstrategien: Zum einen soll im öffentlich zugänglichen Bereich des Lehrstuhls ein Teil des Fiesta Prototyps (Schnitt an der B-Säule) ausgestellt werden. Als Ergänzung zum physikalischen Prototypen wird ein Multitouch-Terminal installiert, auf dem sich Interessierte über das Fahrzeug informieren können. Im Mittelpunkt steht neben den Erläuterungen zum physikalischen Prototyp selbst ganz klar die virtuelle Produktentstehung. Dazu sollen ausgewählte Produktmodelle des Fiesta dargestellt werden, so dass den Studierenden eine

Verbindung des physischen Modells mit der digitalen Information aufgezeigt wird. Der zweite Ansatz zielt auf die praxisnahe Ausbildung der Studierenden ab. Durch das Verwenden realistischer digitaler Produktmodelle für Vorlesungen und praktische Übungen soll das Interesse der Studierenden für die industrielle Informationstechnik und für die digitale Automobilentwicklung weiter gesteigert werden und ihre Ausbildung an realistischen Problemen des industriellen Alltags ausgerichtet werden. Die akademische Motivation der Kooperation besteht in dem Bestreben, eine praxisrelevante Ausbildung der Ingenieure von morgen zu gewährleisten.

### ► Symbiose Ford – TU-Berlin

Durch die Symbiose aus modernster Fahrzeugtechnik mit universitärer Lehre und Forschung kann ein ganzheitlicher und umfassender Einblick in die Entwicklungen auf den Gebieten der virtuellen Produktentstehung und der industriellen Informationstechnik im industriellen Umfeld gewährt werden. Den Studierenden am Fachgebiet Industrielle Informationstechnik der Technischen Universität Berlin

soll die Gelegenheit gegeben werden, sich über aktuelle Entwicklungswerkzeuge aus einem Hochtechnologiebereich zu informieren und mit ausgewählten Modellen praktisch auseinander zu setzen. Damit wird einerseits gewährleistet, dass akademische Berufseinsteiger sich im industriellen Produktentwicklungsumfeld einfacher zurecht finden und ihre Einarbeitungszeit durch die erfolgte praktische Arbeit im Rahmen des Studiums signifikant reduziert wird. Für das Unternehmen Ford bietet die Zusammenarbeit die Chance zu demonstrieren, wie facettenreich die ingenieurstechnische Entwicklung eines neuen Produkts ausgeprägt ist und wie fortschrittlich die daraus resultierenden Herausforderungen angenommen und gelöst werden. Des Weiteren können potenzielle neue Ingenieure für das Unternehmen nachhaltig begeistert werden. Diese hätten ihrerseits die Chance, sich im weiteren Verlauf des Studiums gezielt mit konkreten Problemen im Rahmen der Fahrzeugentwicklung auseinander zu setzen und ihre Wissensweiterung damit zielgerichtet voran zu treiben – zum Nutzen der Studierenden und ihrer zukünftigen Arbeitgeber!



*Symbiose von Touch-Terminal und Prototyp*

**FUTUR:** Worum handelt es sich bei dem Fahrzeug?

Grischa Beier: Es handelt sich bei dem ausgestellten Fahrzeug um einen physischen Prototypen eines neuen Ford Fiesta, den uns die Ford-Werke GmbH freundlicherweise als Dauerleihgabe zur Verfügung gestellt hat. Mit diesem Wagen wurden tatsächliche Prototypen-Testreihen durchgeführt und es sind verschiedene Teile verbaut, die nicht



*Übergabe des Prototyps an das Geschäftsfeld Virtuelle Produktentstehung (VPE) – im Bild von links: Prof. Rainer Stark, Christian Kind, Uwe Rothenburg und Dr. Haygazun Hayka*

FUTUR sprach mit Dipl.-Ing. Grischa Beier, der im Geschäftsfeld von Prof. Stark arbeitet und für die Präsentation des Fahrzeuges zuständig ist.

dem jetzigen kommerziellen Modell entsprechen. Die Abteilung »Pysical Prototype Engineering« bei Ford, die für den Prototypenbau verantwortlich ist, hat uns das Fahrzeug überlassen, um die Lehre möglichst praxisnah zu gestalten und die Forschung zu unterstützen. Studierenden soll damit die Attraktivität der VPE aufgezeigt werden und natürlich will auch Ford ihr Interesse als Anbieter von Diplom- und Masterarbeiten sowie als potenzieller Arbeitgeber wecken.

**FUTUR:** Wie kommt das Fahrzeug ins IPK?

Beier: Professor Rainer Stark – Leiter des Geschäftsbereichs Virtuelle Produktentstehung VPE am IPK – war langjähriger Mitarbeiter bei der Ford Motor Company in verantwortlicher Position als Europäischer Manager »Virtuelle Produktentstehung & Methoden«. Auf seine Initiative kam der Kontakt zustande.

**FUTUR:** Was wird mit dem Prototypen gemacht?

Beier: Angedacht ist, das Fahrzeug hinter der B-Säule quer zu trennen. Der verbleibende Vorderwagen soll dann im

Foyerbereich des 5.OG aufgestellt werden. Zusätzlich soll ein Touch-Terminal vorgesehen werden, an dem Besucher, Studierende und Mitarbeiter des Geschäftsfeldes sich bezüglich des Prototyps und aktueller Inhalte des Bereiches informieren können. Der hintere Teil wird für Forschungsaufgaben im Umfeld der virtuellen Realität eingesetzt.

**FUTUR:** Wo besteht der Bezug zu VPE?

Beier: Auf dem Touch-Terminal werden digitale Modelle aus der Ford-Entwicklungsumgebung mit Bezug zu den verschiedenen Phasen der Produktentstehung dargestellt. Für Besucher und Studierende bietet sich somit die Möglichkeit einer Interaktion mittels Multitouch-Technologie. Unter anderem soll ein virtueller »Fly-Through durch die Produktentstehung« angeboten werden. Weiterhin dient diese Installation der Verdeutlichung der wenig greifbaren Inhalte auf dem Gebiet der virtuellen Produktentstehung und der Werkzeugunterstützung in deren unterschiedlichen Phasen. In Kombination mit den dargestellten Inhalten des Geschäftsfeldes soll erläutert werden, in wieweit die Forschungsthemen des Fach-

gebiets Industrielle Informationstechnik für entwickelnde und forschende Industrieunternehmen verschiedener Domänen relevant sind.

*In October 2008 the Ford Motor Company presented a prototype of a Ford Fiesta to the Department of Industrial Information Technology at the Technical University of Berlin. The occasion marked the deepening of the cooperation between Ford and the department. The current aim is to establish a hands-on example of what virtual product creation is able to perform. Using the physical prototype and selected digital product data, application oriented product development processes can be researched into by the scientists and demonstrated to students and guests.*

#### **Ihr Ansprechpartner**

Dipl.-Ing. Grischa Beier  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 71  
E-Mail: grischa.beier@ipk.fraunhofer.de

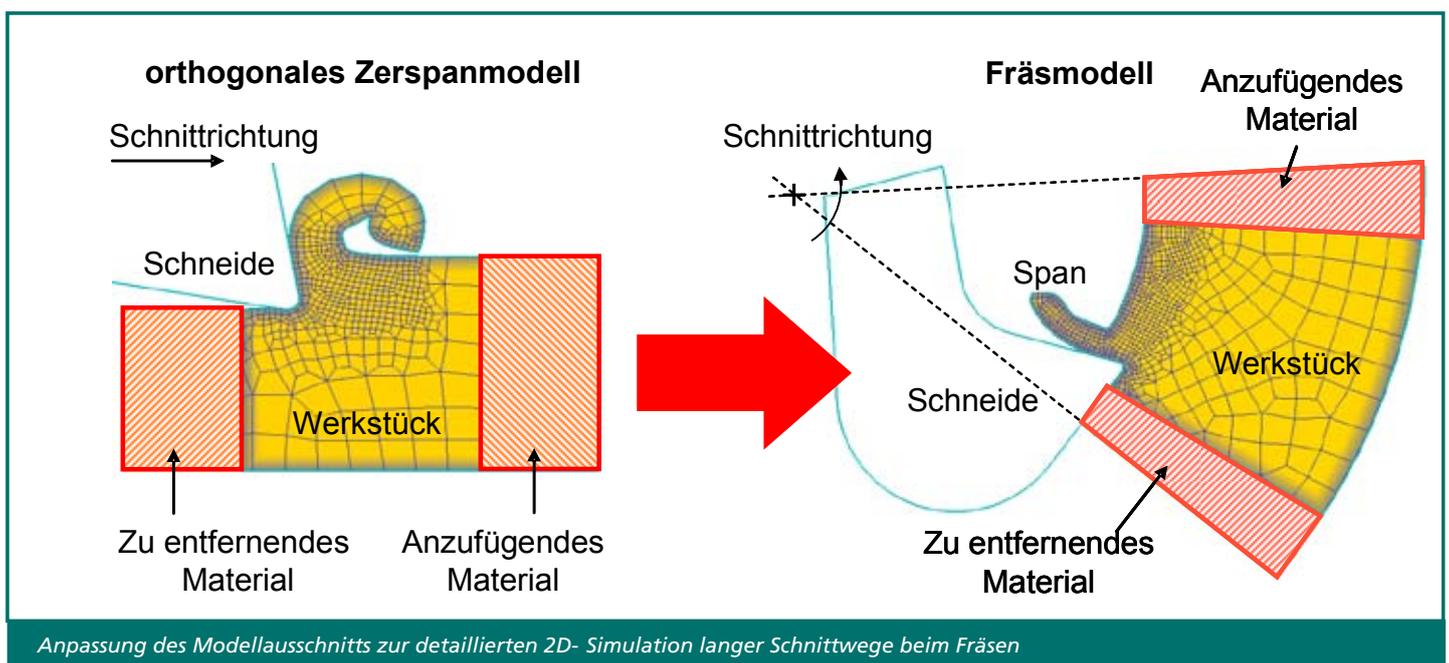
Dipl.-Ing. Christian Kind  
Telefon: +49 (0)30 / 3 90 06-2 72.  
christian.kind@ipk.fraunhofer.de

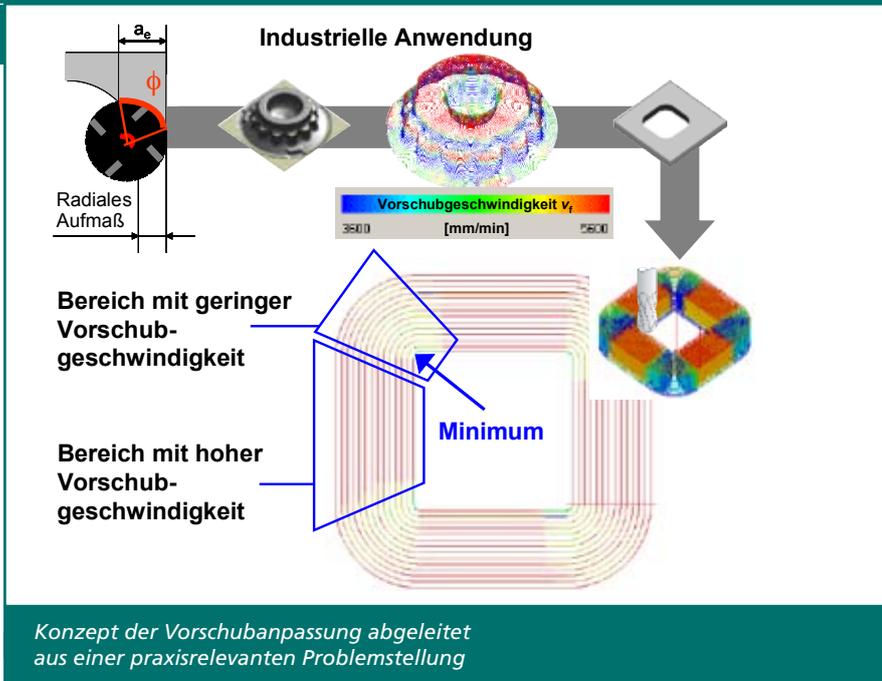
## Effizienter Zerspanen mit Simulation

**Die Simulation des Fräsprozesses ist ein hilfreiches Instrument zur Effizienzsteigerung in der Werkzeugentwicklung und Prozessauslegung. Sie unterstützt die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, gerade bei hohen Zeitspanvolumina im Sinne der HPC-Bearbeitung. Dabei besitzt die FEM-Spanbildungssimulation mit ihrem hohen Detaillierungsgrad für den Werkzeughersteller den größten Nutzen. Die Prozesssimulation auf Basis empirisch-analytischer Berechnungsmodelle ist für den zerspanenden Fertigungsbetrieb durch die kurze Berechnungszeit am sinnvollsten.**

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein zweidimensionales FEM-Modell zur Simulation des Umfangs-, Stirn- und Stirnumfangsfräsens mit großer Eingriffsbreite oder großem Eingriffswinkel entwickelt. Darüber hinaus wurde eine automatische Modellierung und Ergebnisausgabe realisiert. Um die Spanbildung bei großen Eingriffswinkeln in Verbindung mit Werkzeugdurchmessern von bis zu  $D = 10$  mm abzubilden, sind entsprechend lange Zerspanwege zu simulieren. Die automatische Anpassung des Modellausschnitts gewährleistet dies bei im Vergleich zu dreidimensionalen Modellen drastisch verringerten Berechnungszeiten. Außerdem erhöht sie die Ergebnisgüte und Stabilität der Simulation. Zur Definition der Größe des Modell-ausschnitts sind zunächst

anhand einer Simulation des Drehprozesses zahlreiche Untersuchungen durchgeführt worden. Im Vordergrund standen die Modellhöhe und -breite in Abhängigkeit von der Spanungsdicke sowie des Spanwinkels. Somit wurde sichergestellt, dass die berechnete Schnittkraft als maßgebliche Ergebnisgröße nicht durch das verkürzte Modell beeinflusst wird. Nach erfolgreichem Test des Drehmodells wurden die festgelegten Ausschnittsgrößen auf das Fräsmodell übertragen. Hier zeigten sich ebenfalls keine nennenswerten Einflüsse auf die Ergebnisgüte. Schließlich wurden mit verschiedenen Werkzeugdurchmessern und Zahnvorschüben die Robustheit und Grenzen des entwickelten Modells und des automatisierten Simulationsablaufs aufgezeigt.





### ► Temperaturen im Griff

Weiterhin wurde unter Anwendung der Schnittkraftberechnung nach VICTOR und KIENZLE und der Berechnung der Schneidentemperatur mittels thermodynamischer Auswertung ein Modell der Prozesssimulation zur Abbildung der mechanischen und thermischen Werkzeugbeanspruchung realisiert. Dies ermöglicht die Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Eingriffsverhältnisse und zulässigen Grenzlaster des Werkzeugs. Außerdem fließen die dafür berechneten Schnittkräfte und Schneidentemperaturen in das differentielle Verschleißmodell nach USUI ein. Das erlaubt eine Berechnung des Werkzeugverschleißes mit einer für die Zerspanpraxis sehr guten Fehlertoleranz. Die Hauptzeit durch Vorschubanpassung wurde gleichzeitig im Vergleich zu einer am Markt verfügbaren Simulationssoftware um 18 Prozent bei C45 und um 47 Prozent bei Inconel 718 gesenkt. Durch die Prognose des Zeitpunktes, an dem das Standzeitkriterium erreicht ist, lässt sich der Werkzeugwechsel in Bearbeitungsbereiche am Bauteil legen, die bezüglich Oberflächenqualität unkritisch sind. Dies ist insbesondere im Werkzeug- und Formenbau häufig von großer Bedeutung, wenn ein Werkzeug für die Komplettbearbeitung nicht ausreicht. Schließlich konnte gezeigt werden, dass das FEM-Frässmodell mit Modellanpassung das verfahrenstypische

höhere Niveau der Schnittkraft im Vergleich zur Drehbearbeitung wiedergibt. Die bei der Übertragung der Schnittkraftformel nach VICTOR und KIENZLE vom Drehen auf das Fräsen in Tabellenwerken angegebene Erhöhung um 20 Prozent durch die erhöhte Spankrümmung konnte in guter Näherung berechnet werden. Dies zeigt das Potenzial der FEM-Spanbildungssimulation, Eingangsgrößen für empirische und analytische Berechnungsmodelle zur Verwendung in der Prozesssimulation bereitzustellen.

### ► Hohe Güte garantiert

Gerade unter Berücksichtigung der hohen Bedeutung der thermischen Werkzeugbeanspruchung bei der Fräsbearbeitung mit großen Eingriffswinkeln stellt die FEM-Spanbildungssimulation einen vielversprechenden Ansatz dar. So könnten die ertragbaren Grenzlaster mit Hilfe der entwickelten FEM-Spanbildungssimulation analysiert und in der Folge weiter erhöht werden. Die vorgestellte Prozesssimulation wiederum nutzt diese Informationen zur optimalen Ausnutzung des Fräswerkzeugs zur Minimierung der Hauptzeit. Darüber hinaus ermöglicht sie mit der hinreichend genauen Bestimmung des Zeitpunktes, zu dem das Standzeitkriterium erreicht ist, einen definierten Werkzeugwechsel. Dies kommt bei der Erzielung hoher Oberflächengüten an Bauteilen aus dem Werkzeug- und Formenbau zum Tragen.

*Simulating the milling process is a useful way of increasing the efficiency in machine tool development and process design. This is especially so with high material removal rates in high performance cutting. Owing to its large degree of detail, an FEM-simulation of the chip formation is useful for the machine tool manufacturer, while a process simulation on the basis of empirical-analytical computing models is best for the manufacturer actually carrying out the milling process.*

### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Alexander Mattes

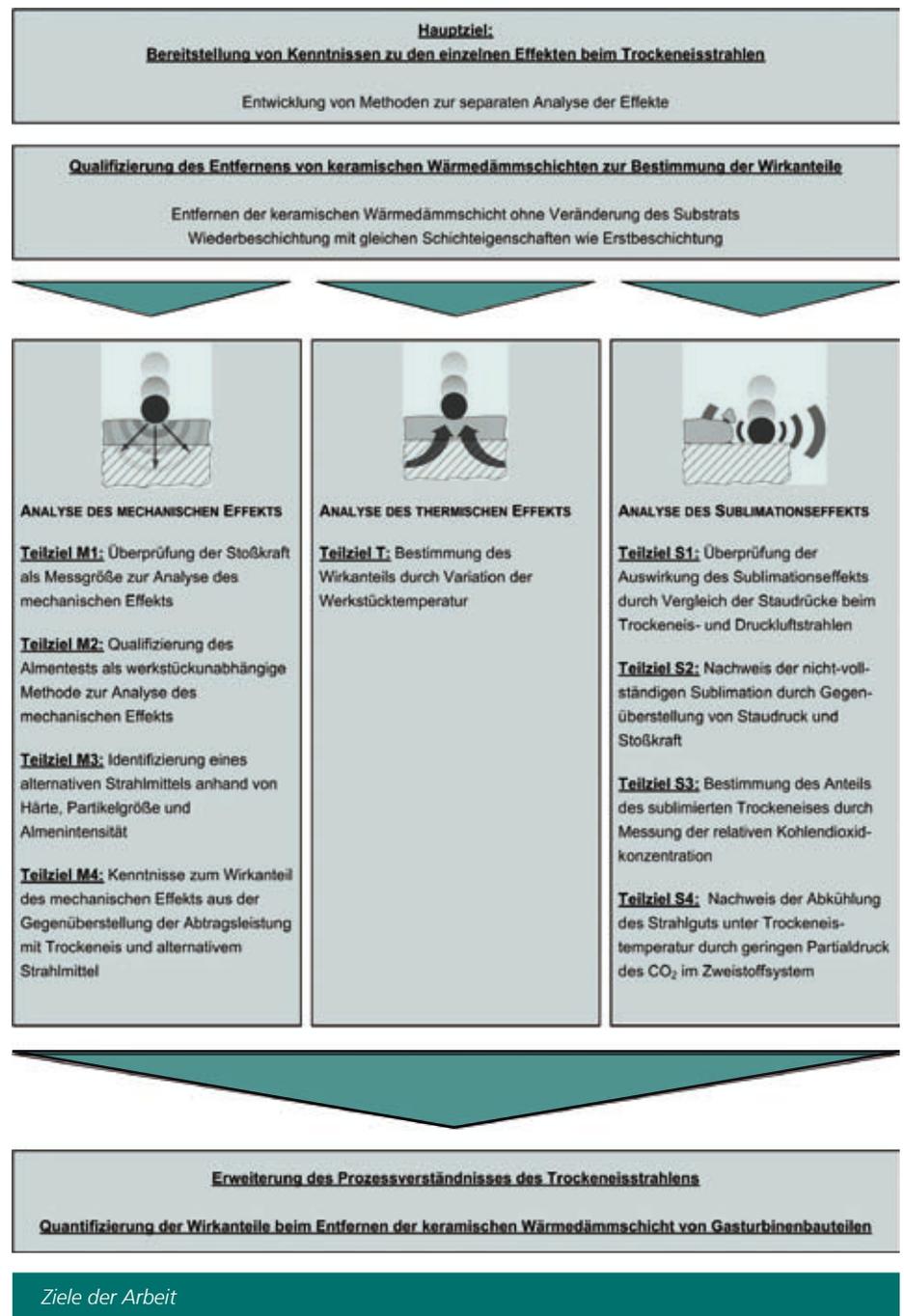
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 54

E-Mail: alexander.mattes@ipk.fraunhofer.de

## Analyse der Effekte beim Trockeneisstrahlen

Das Trockeneisstrahlen gewinnt in der Industrie zunehmend an Bedeutung. Dieses umweltschonende Strahlverfahren eignet sich sowohl im Rahmen von Wartung und Instandhaltung als auch für die Reinigung und Vorbehandlung bei der Produktherstellung. Dank der geringen Härte des Strahlmittels lassen sich empfindliche Werkstücke schadigungsarm bearbeiten und aufgrund der Sublimation des Strahlmittels bleiben keine festen oder flüssigen Strahlmittelrückstände auf dem Werkstück zurück. Bisher sind jedoch nur wenige wissenschaftliche Erkenntnisse über die Wirkungsweise beim Trockeneisstrahlen verfügbar. Das Verfahren beruht hiernach auf dem Zusammenwirken eines mechanischen, eines thermischen und eines Sublimationseffektes. In einer Dissertation am IWF der TU Berlin wurden nun diese drei Effekte untersucht. Die Wirkanteile wurden am Beispiel des Entfernens der keramischen Wärmedämmschicht von Gasturbinenbauteilen ermittelt. Mit der vorliegenden Arbeit wird somit das Prozessverständnis des Trockeneisstrahlens verbessert, so dass zukünftig ein noch breiteres Anwendungsgebiet erschlossen werden kann.

In Vorversuchen wurde gezeigt, dass sich die keramische Wärmedämmschicht durch Trockeneisstrahlen entfernen lässt, ohne dass Oberflächentopographie und Rauheit des Substrates verändert werden. Beim Entfernen betriebsbeanspruchter keramischer Wärmedämmschichten war die



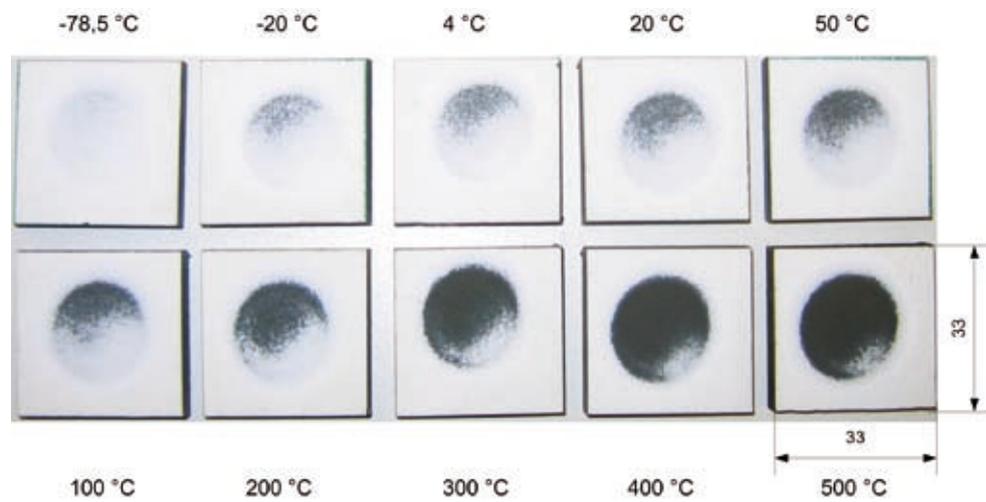
Abtragsleistung nicht einheitlich, so dass in den technologischen Untersuchungen fabrikneue, mit keramischer Wärmedämmschicht versehene Hitzeschildplatten verwendet wurden.

### ► Mechanischer Effekt

Für die Analyse des mechanischen Effektes beim Trockeneisstrahlen haben verschiedene Autoren die Stoßkraft untersucht. In eigenen Untersuchungen konnten die analytisch bestimmten Stoßkräfte experimentell bestätigt werden; dennoch ist die Stoßkraft keine geeignete Messgröße für den mechanischen Effekt. Der Einfluss des Trockeneises wird durch die Druckluft überlagert.

Die in der Strahlverfahrenstechnik beim Shot Peening gebräuchliche Messung der so genannten Almenintensität konnte als werkstückunabhängige Methode zur Analyse des mechanischen Effektes qualifiziert werden. Hierbei müssen so genannte Aero-Almenplättchen aus der Aluminiumknetlegierung AlCuMg<sub>2</sub> verwendet werden, da bei Standard-Almenplättchen aus dem Stahlwerkstoff CK67 keine Bogenhöhe messbar ist.

Um den Wirkanteil des mechanischen Effekts unabhängig von der Auswirkung des Sublimationseffektes zu untersuchen, war es das Ziel, ein festes Strahlmittel zu identifizieren, das nicht sublimiert, aber die gleiche mechanische Auswirkung wie Trockeneis auf das Werkstück hat. In der Annahme, dass beim Trockeneisstrahlen aufgrund des Zusammenwirkens der drei Effekte eine höhere Abtragsleistung erreichbar ist als bei alleiniger mechanischer Wirkung des alternativen Strahlmittels, sollte der mechanische Wirkanteil beim Entfernen einer keramischen Wärmedämmschicht bestimmt werden. Härte und Partikelgröße dienen als Anhaltspunkte für die Vorauswahl eines alternativen Strahlmittels. Eigene



### Thermischer Effekt

#### Strahlanlage:

Trockeneis:  
Cryonomic CAB-52  
Blastgun G(VA)5000(R)

#### Werkstück:

Ausschnitt Hitzeschildplatte 33 x 33 mm<sup>2</sup>



#### Einstellparameter:

Strahleinwirkdauer  $t_S = 10 \text{ s}$   
Strahlabstand  $a = 100 \text{ mm}$   
Massenstrom  $\dot{m}_{TE} = 100 \text{ kg/h}$   
Strahldruck  $p_S = 8 \text{ bar}$

Bei verschiedenen Werkstückausgangstemperaturen entschichtete Werkstückproben

Messungen ergaben eine Härte von 1,5 Mohs.

Ein alternatives Strahlmittel mit einer ähnlich geringen Härte konnte nicht identifiziert werden. Mit dem Strahlmittel Nusschalengranulat ließen sich bei niedrigen Strahlrücken vergleichbare Almenintensitäten wie beim Trockeneisstrahlen erreichen.

Versuche zum Entfernen der keramischen Wärmedämmschicht mit diesen beiden Strahlmitteln ergaben bei ähnlichen Strahlintensitäten ähnliche Abtragsleistungen. Die Abtragsleistungen beim Trockeneis waren nicht höher, so dass der Wirkanteil des mechanischen Effekts nicht genau bestimmt werden konnte. Die ähnlichen Abtragsleistungen lassen aber auf einen hohen Wirkanteil des mechanischen Effekts beim Trockeneisstrahlen schließen.

### ► Thermischer Effekt

Der thermische Effekt beim Trockeneisstrahlen lässt sich im Gegensatz zu den anderen Effekten nicht nur über die Einstellparameter des Strahlprozesses, sondern auch über die Temperatur des Werkstückes beeinflussen. Von daher ist es möglich, den thermischen Effekt durch verschiedene Abtragsleistungen bei

*Dry ice blasting increasingly gains in importance for industrial applications. This environmentally friendly technology is useful in maintenance and service as well as in cleaning and in the pre-treatment of products. Due to the relatively little hardness of the blasting agent, delicate work pieces can be processed without major damages and because of the sublimation of the blasting agent there are no solid or liquid remains of the blasting agent on the work piece. However, currently only little is known in scientific terms about the various effects occurring when blasting with dry ice. The technology as such combines mechanical, thermal and sublimation effects.*

#### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Mark Krieg  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 59  
E-Mail: mark.krieg@ipk.fraunhofer.de

unterschiedlich temperierten Werkstückproben separat von den anderen Effekten zu analysieren und den Wirkanteil zu bestimmen. Der thermische Effekt basiert auf unterschiedlichen Temperaturen von Trockeneis und Werkstück. Gleichen sich die Temperaturen von Trockeneis und Werkstück, kommt der thermische Effekt entsprechend zum Erliegen. Da die in der Oberfläche induzierten Zugspannungen mit der Temperaturdifferenz linear ansteigen, wurde ebenfalls von einer linearen Steigerung des thermischen Effektes mit der Werkstücktemperatur ausgegangen. Dies konnte beim Entfernen der keramischen Wärmedämmschicht bestätigt werden. Bei einer Werkstückausgangstemperatur von 20 Grad Celsius beträgt der Wirkanteil des thermischen Effekts 15 Prozent und steigt auf über 50 Prozent bei der höchsten untersuchten Werkstückausgangstemperatur von 500 Grad Celsius (vgl. Grafik unten).

Die Wirkanteile beziehen sich auf das Entfernen einer keramischen Wärmedämmschicht. Die Methode zu deren Bestimmung lässt sich jedoch auch auf andere Werkstücke übertragen.

#### ► Sublimationseffekt

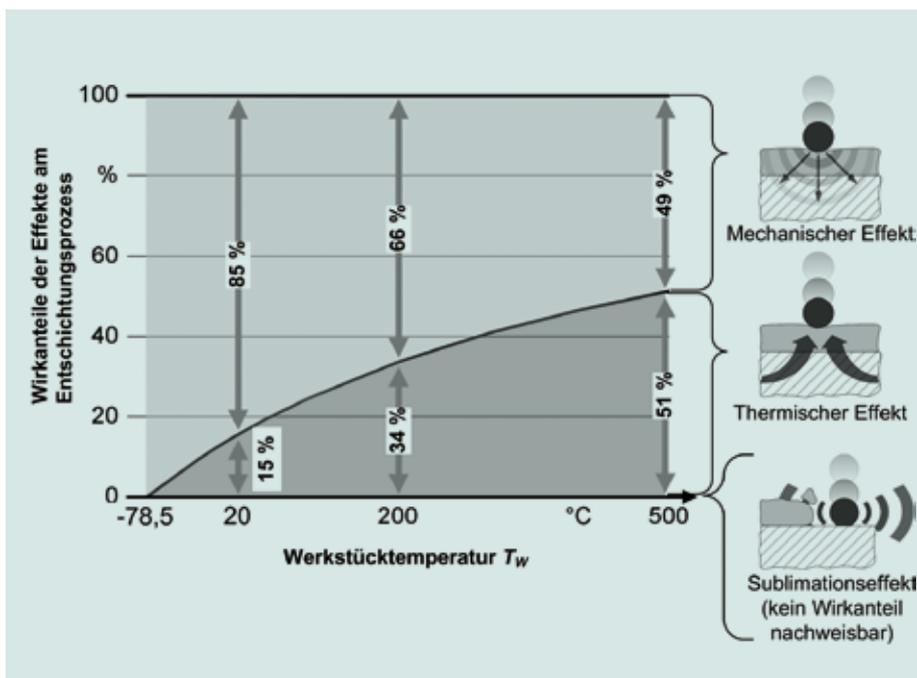
In der Literatur wird zum Teil die Stoßdruckwelle durch die Volumenerweiterung bei der Sublimation als zentrale Größe beim Sublimationseffekt beschrieben. Diese Auswirkung des Sublimationseffekts konnte experimentell anhand von Staudruckmessungen parallel zur Werkstückoberfläche nicht belegt werden. Nur bei kleinen Strahldrücken und großen Trockeneismassenströmen war gegenüber dem Druckluftstrahlen eine Erhöhung des Staudrucks messbar.

Anhand von Messungen der relativen Kohlendioxid-Konzentration im Vergleich zur Konzentration bei vollständiger Sublimation wurde nahe dem Auftreffpunkt

der Anteil des sublimierten Trockeneises mit 37,8 Prozent bestimmt, dass heißt nur gut ein Drittel des Trockeneismassenstroms war nach dem Auftreffen sublimiert. Da es bereits im Strahlschlauch zur Sublimation kommt, ist der Anteil des Trockeneises, der beim Auftreffen sublimiert, noch geringer. Es wurde keine Staudruckerhöhung bei Steigerung der Werkstücktemperatur festgestellt, so dass nicht davon auszugehen ist, dass sich der Anteil des sublimierten Trockeneises und damit die Wirkung des Sublimationseffekts durch Erwärmung des Werkstückes steigern lässt.

#### ► Anwendungen

Die ersten experimentellen Untersuchungen zum Reinigen mit Trockeneis führte die U.S. Navy bereits 1945 durch. Das erste Patent zum Strahlen mit Trockeneis wurde 1963 erteilt, allerdings beschränkt es sich auf das Entfernen des Fleisches von Knochen. Die ersten industriell relevanten Patente wurden dann Anfang der siebziger Jahre eingereicht. Ab Mitte der achtziger Jahre wurden weltweit zahlreiche Patente, unter anderem für Neuentwicklungen im Bereich Trockeneisstrahlanlagen, Pelletherstellung oder Strahldüsen erteilt. In Europa begann der industrielle Einsatz in der Fertigung, in der Instandhaltung sowie im Dienstleistungsbereich erst um 1990. In den meisten Fällen ist der Einsatz des Trockeneisstrahls sinnvoll, wenn empfindliches Substrat strahlend gereinigt werden soll oder der Sublimationseffekt gewünscht wird. In der industriellen Reinigungstechnik wird die Bedeutung des Verfahrens weiter zunehmen. Auch in künftigen Projekten am Fraunhofer IPK wird das Trockeneisstrahlen – hier speziell im Bereich der Wartung und Überholung von Anlagen in Verkehr und Energie – eine zentrale Rolle spielen.



Skizze der Wirkanteile der Effekte beim Trockeneisstrahlen beim Entfernen der keramischen Wärmedämmschicht von Gasturbinenbauteilen in Abhängigkeit von der Werkstücktemperatur

## Rund ums Reinigen

**Rund um die industrielle Teilereinigung etabliert sich seit einigen Jahren ein professioneller Markt, der seit 2002 mit der »parts2clean« die weltweit größte Fachmesse des Wirtschaftszweigs hervorgebracht hat. Die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik war von Anfang an mit dabei. Das Fraunhofer IPK betreibt als Mitglied der Fraunhofer-Allianz seit Ende 2002 intensive Forschung auf dem Gebiet umweltschonender Reinigungsverfahren wie dem Trockeneisstrahlen.**

Teilereinigung ist ein entscheidender Fertigungsschritt für die Produktqualität. Das gilt für die unterschiedlichsten Branchen wie die Automobil- und Lebensmittelindustrie, aber auch den Anlagenbau und die Feinwerktechnik. Um den vielfältigen Anforderungen der Hersteller gerecht zu werden, differenziert sich die Reinigungsbranche immer weiter aus. Das spiegelt sich in der Entwicklung der parts2clean wieder: Die Zahl der Aussteller wuchs 2008 im Vergleich zum Vorjahr um 16 Prozent. Mehr als 240 Aussteller nahmen Ende Oktober auf der Landesmesse Stuttgart an der 6. parts2clean teil, 46 von ihnen kamen aus dem Ausland. Am stärksten waren nach deutschen Firmen und Forschungseinrichtungen solche aus der Schweiz und Italien vertreten, aber auch Angebote aus der Türkei, den USA und Japan wurden vorgestellt. Schwerpunkt des Messeangebots war unter anderem der Bau von Reinigungsanlagen, wie die Einrichtung von



Waschautomaten mit hochflexiblen Reinigungsprogrammen der EVT GmbH. Zudem wurden umwelt- und gesundheitsschonende Alternativen zu üblichen Reinigungsmedien vorgestellt. So warb die Dansotec GmbH beispielsweise für einen alkalischen Reiniger, mit dem die Flußsäure, die üblicherweise zur Vorbehandlung von Aluminium-Druckgussteile genutzt wird, ersetzt werden kann. Um die harte Technik herum präsentierten diverse Reinigungs-Dienstleister ihr breit gefächertes Angebot.



*The market for industrial cleaning of parts and components is growing for some years now. With establishing the »parts2clean« in 2002, the market has come forward with the world's largest professional industrial fair for this business sector. The Fraunhofer Alliance Cleaning Technology has been a part of this development from the very beginning. The Fraunhofer IPK in Berlin is a founding member of the Alliance. Since 2002 it conducts research into environmentally friendly cleaning technologies such as dry ice blasting.*

### Ihr Ansprechpartner

Dr.-Ing. Mark Krieg  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 59  
E-Mail: mark.krieg@ipk.fraunhofer.de

*Die Reinigung von Oberflächen ist in einer Reihe inhaltlich unterschiedlich ausgerichteter Fraunhofer-Institute Forschungsgegenstand. Einzelne Institute bearbeiten nur Teile der Prozesskette, eine gebündelte Kompetenz auf dem Gebiet der Reinigungstechnik existiert derzeit nicht. Aus diesem Grund haben sich zehn Institute der Fraunhofer-Gesellschaft zur Allianz Reinigungstechnik zusammengeschlossen.*



Durch den Zuwachs an Ausstellern bleibt die parts2clean auch für regelmäßige Besucher interessant. Etwa ein Drittel der Fachbesucher von 2008 waren laut einer Umfrage schon früher einmal auf der parts2clean. Insgesamt kamen rund 4500 internationale Fachleute nach Stuttgart, um sich über Möglichkeiten der industriellen Teilereinigung zu informieren. Der stärkste Publikumsmagnet war auch 2008 wieder ein messebegleitendes Fach-

forum: Rund 1600 Besucher nutzten die Gelegenheit, sich durch die praxisnahen Vorträge namhafter Experten aus Industrie, Wissenschaft und Forschung über aktuelle Entwicklungen, neue Anforderungen und Trends in der Reinigungstechnik zu informieren. Dabei ging es diesmal um die Themen Nassverfahren und Sauberkeitsanalyse sowie Sonderverfahren, Sterilisation und Vermeidung von Verunreinigungen. Geleitet hat das Forum

Dr. Mark Krieg vom Fraunhofer IPK. Die Fraunhofer-Allianz war darüber hinaus wie jedes Jahr mit einer eigenen Ausstellungsfläche vertreten. Dort erläuterten die Fraunhofer-Forscher Möglichkeiten der Elektrostrahlsterilisation, die beispielsweise im Umgang mit Saatgut oder Abwasser nützlich ist, sowie das Reinigen durch Laser- und das Trockeneisstrahlen.

#### ► **Komplett in 2009**

Das Team der Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik wird auch in 2009 die aktuellen Ergebnisse seiner Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf der parts2clean vorstellen. Die Messe findet vom 20. bis zum 22. Oktober in Stuttgart statt. Die bereits erfolgten Standbuchungen lassen ein weiteres Wachstum der Leitmesse erwarten. Erstmals wird in 2009 begleitend zur Messe neben dem Fachforum auch ein internationaler Kongress zur industriellen Teilereinigung unter dem Titel »Anforderungen, Technologien, Märkte« abgehalten.



#### **Weitere Informationen:**

[www.parts2clean.de](http://www.parts2clean.de)

[www.allianz-reinigungstechnik.de](http://www.allianz-reinigungstechnik.de)

## Fraunhofer-Innovationscluster Sichere Identität eröffnet

**Mehr als 250 Gäste aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik kamen am 6. November 2008 zur Eröffnungsveranstaltung des Fraunhofer-Innovationsclusters Sichere Identität in die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften am Berliner Gendarmenmarkt. Damit nahm der Zusammenschluss von fünf Fraunhofer-Instituten, fünf Hochschulen, zwölf Wirtschaftsunternehmen sowie den Ländern Berlin und Brandenburg seine Arbeit offiziell auf.**

Ziel der gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekte ist es, Technologien, Verfahren und Produkte anzubieten, die den eindeutigen Nachweis der Identität von Personen, Objekten und geistigem Eigentum ermöglichen. Diese Sicherheit von Identität schafft die Voraussetzung, um Identität in vielfältiger Weise zur Vereinfachung von Abläufen in der Wirtschaft, der Verwaltung und des täglichen Lebens nutzen zu können. Die Anwendungen reichen von der nächsten Generation fälschungssicherer Personaldokumente über die Sicherung elektronischer Geschäftsprozesse bis hin zur Kommunikation unter Maschinen, Fahrzeugen sowie dem Produkt- und Markenschutz.

Teil der Eröffnungsveranstaltung waren zwei Workshops, in denen sich die Gäste über wichtige Entwicklungsziele des Innovationsclusters informieren konnten:

**Future ID-Card Systems** – Zukünftige ID-Cards identifizieren Ihren Nutzer absolut eindeutig und können nicht



*Mehr als 250 Gäste kamen Anfang November 2008 zur Eröffnung des Fraunhofer Innovationsclusters*

gefälscht werden. Der Nutzer der ID-Card wird seine Daten selbst verwalten und seine Identitätsmerkmale nur in dem für den jeweiligen Nutzungszweck notwendigen Umfang zur Verfügung stellen. Die zukünftige ID-Card wird darüber hinaus Nutzer und zu nutzende Gegenstände wie Fahrzeuge oder medizinische Geräte flexibel und auch mobil verbinden.

**Future ID-based Communication** – Absender und Empfänger einer Information werden absolut eindeutig identifiziert

*Die zukünftige ID-Card wird Nutzer und Gegenstände wie Fahrzeuge oder medizinische Geräte flexibel und mobil verbinden*



– eine entscheidende Voraussetzung für sichere Kommunikation. Ungewünschte und anonyme Absender werden herausgefiltert. In der Fahrzeugkommunikation der Zukunft werden Zulassungspapiere durch das Auto des Besitzers identifiziert, ID-Cards werden an Stelle von Autoschlüsseln verwendet oder Fahrzeugkomponenten auf ihre Originalität überprüft.

Finanziert werden die Projekte zu gleichen Teilen von der Fraunhofer-Gesellschaft, den beteiligten Wirtschaftsunternehmen und den Ländern Berlin und Brandenburg. Die erste Projektphase umfasst drei Jahre. Das Innovationscluster Sichere Identität ist eines von derzeit 15 Fraunhofer-Innovationsclustern (Stand Ende 2008).

### Ihr Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 78  
E-Mail: joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de



Oktober 2008 – März 2009

### ► Seminar: Lasernachbearbeitung von Werkzeugen

In der Produktionstechnik ist es gang und gäbe Standardwerkzeuge den eigenen Produktionsanforderungen gemäß nachzubearbeiten. Hierfür entwickelten das Fraunhofer IPK und das Laser Zentrum Hannover im InnoNet-Verbundprojekt »LaserWerk – Innovative Nachbearbeitung von Werkzeugen aus hochharten Schneidstoffen« die Möglichkeit der Nachbearbeitung mit Laserstrahlen. Im Gegensatz zu gängigen Verfahren ist die Abtragleistung des Laserstrahls unabhängig von der elektrischen Leitfähigkeit und der Härte des Werkstoffs. Darüber hinaus ist die thermische Beeinflussung des Werkstoffs sehr gering. Im Seminar »LaserWerk« stellen die Forscher am 24. und 25. März 2009 ihre Ergebnisse im Produktionstechnischen Zentrum Berlin vor. Einsatzmöglichkeiten



der neuen Technologie werden erläutert, unter Berücksichtigung spezieller Fragen der Teilnehmer. Die Seminargebühr beträgt 50 €. Anmeldeschluss ist der 10. März.

[www.ipk.fraunhofer.de](http://www.ipk.fraunhofer.de)

### ► Medizintechnik im Doppelpack

Vom 20. bis 21. März 2009 findet am PTZ der 8. Workshop »AUTOMED« Automatisierungstechnische Verfahren für die Medizin« statt. Veranstalter ist die Fachgruppe AUTOMED des VDE/VDI. Der Workshop wendet sich an Ingenieure, Mediziner und Naturwissenschaftler gleichermaßen, um einen Gedankenaustausch über die Anwendung automatisierungstechnischer Verfahren im medizinischen Umfeld zu fördern. Die Veranstaltung schließt direkt an die zweite europäische Konferenz zu »Technically Assisted Rehabilitation« (TAR) an, die am 18. und 19. März ebenfalls im PTZ abgehalten wird. Die Teilnahmegebühr für den Workshop AUTOMED beträgt bis zum 20. Februar 200 €, danach 250 €. Die Teilnahme an der TAR-Konferenz kostet 230 €. Wer beide Veranstaltungen besucht, erhält einen Rabatt von 10 Prozent.

[www.automed2009.de](http://www.automed2009.de)  
[www.tar-conference.de](http://www.tar-conference.de)

#### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Henning Schmidt  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-6 09  
E-Mail: [henning.schmidt@ipk.fraunhofer.de](mailto:henning.schmidt@ipk.fraunhofer.de)

#### Ihr Ansprechpartner

Tiago Borsoi Klein  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 54  
E-Mail: [tiago.borsoi.klein@ipk.fraunhofer.de](mailto:tiago.borsoi.klein@ipk.fraunhofer.de)



## ► Glückwünsche zum 80. Geburtstag von Professor Günter Spur



Am 28. Oktober 2008 feierten die Technische Universität Berlin und das Fraunhofer IPK den 80. Geburtstag von Professor Günter Spur. Der ehema-

lignische Direktor des IWF war von 1965 bis zu seiner Emeritierung im Jahr 1997 ordentlicher Professor für Werkzeugmaschinen und Fertigungslehre der TU Berlin. Als 1976 das IPK als Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft gegründet wurde, übernahm Professor Spur auch dessen Leitung. Ein Kooperationsvertrag sichert bis heute die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit zwischen den Instituten. 1986 bezogen das IWF und das Fraunhofer IPK auf Betreiben von Professor Spur einen Neubau an der Spree und bilden seither gemeinsam das »Produktionstechnischen Zentrum Berlin«.

Professor Spurs Arbeiten auf dem Gebiet der Produktionstechnik sind bestimmt durch die Einsicht in die wirtschaftliche und gesellschaftliche Verantwortung des Ingenieurs. Einige seiner thematischen Schwerpunkte sind Planungstechnik, Qualitätswissenschaft, Produktentwicklung und in jüngerer Zeit auch Technologie- und Innovationsmanagement.

Das PTZ gratuliert noch einmal ganz herzlich.

[www.iwf.tu-berlin.de/spur](http://www.iwf.tu-berlin.de/spur)

## ► Kongress Ressourceneffiziente Produktion

Um ressourceneffiziente Produktion geht es bei einem Kongress des Fraunhofer-Verbands Produktion am 25. Februar 2009 im Congress Center Leipzig. Forscher und Praktiker aus der Industrie stellen Strategien für energie- und ressourcenschonende Produktionsweisen vor, erläutern Best-Practice-Beispiele und diskutieren aktuelle Forschungsergebnisse. In den Fachforen »Energieeffiziente Prozesse«, »Energieeffiziente Anlagen« und »Energierückgewinnung/-speicherung« identifizieren Teilnehmer und Referenten gemeinsam die entscheidenden Trends in den jeweiligen Bereichen. Darüber hinaus dienen die Foren den Fachleuten als Plattform für das persönliche Networking. Weitere Gelegenheit dafür bietet eine Abendveranstaltung im inoffiziellen Rahmen.

Die konsequente Anwendung von Effizienztechnologien in der Produktion ist nicht mehr nur im Hinblick auf den Umweltschutz wichtig, durch die Rohstoffknappheit wird sie zunehmend notwendig zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit von Unternehmen. Die Teilnahmegebühr beträgt 150 € und beinhaltet die Kongressteilnahme inklusive Messeeintritt zu den Fachmessen »Z 2009« und »intec 2009«, Pausenversorgung, Tagungsunterlagen sowie die Teilnahme an der Abendveranstaltung. Anmeldungen werden bis zum 18. Februar über das Onlineformular angenommen.

[www.ressourceneffiziente-produktion.de](http://www.ressourceneffiziente-produktion.de)

### Ihre Ansprechpartnerin

Dipl.-Ing. Fiona Byrne  
Telefon: +49 (0) 30 / 3 14-21791  
E-Mail: [info@berliner-iak.de](mailto:info@berliner-iak.de)

### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Heiko Riede  
Telefon: +49 (0) 3 71 / 53 97-1462  
E-Mail: [kongress@iwu.fraunhofer.de](mailto:kongress@iwu.fraunhofer.de)

## ► BIAK: Jetzt anmelden und sparen

Am 25. und 26. März hält das PTZ erstmals den »Berliner-Industrie-arbeitskreis (BIK) Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen« ab. In der Supervorveranstaltung werden die fünf erfolgreichen Industriearbeitskreise des Hauses – Werkzeugbeschichtungen und Schneidstoffe, Keramikbearbeitung, Werkzeugmaschinen, Trockeneisstrahlen und Abtragen sowie Mikroproduktionstechnik – zusammengefasst, so dass sich überschneidende Themen noch interdisziplinärer als bisher erfasst werden können. Die Teilnahme kostet 250 €. Wer sich bis zum 1. März anmeldet zahlt den Frühbucher-Preis von nur 200 €.



[www.berliner-iak.de](http://www.berliner-iak.de)

## Kurzprofil

# Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin



**Das Produktionstechnische Zentrum (PTZ) Berlin umfasst das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der Technischen Universität Berlin und das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK). Im PTZ werden Methoden und Technologien für das Management, die Produktentwicklung, den Produktionsprozess und die Gestaltung industrieller Fabrikbetriebe erarbeitet. Zudem erschließen wir auf Grundlage unseres fundierten Know-hows neue Anwendungen in zukunftssträchtigen Gebieten wie der Sicherheits-, Verkehrs- und Medizintechnik.**

Besonderes Ziel des PTZ ist es, neben eigenen Beiträgen zur anwendungsorientierten Grundlagenforschung neue Technologien in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zu entwickeln. Das PTZ überführt die im Rahmen von Forschungsprojekten erzielten Basisinnovationen gemeinsam mit Industriepartnern in funktionsfähige Anwendungen.

Wir unterstützen unsere Partner von der Produktidee über die Produktentwicklung und die Fertigung bis hin zur Wiederverwertung mit von uns entwickelten oder verbesserten Methoden und Verfahren. Hierzu gehört auch die Konzipierung von Produktionsmitteln, deren Integration in komplexe Produktionsanlagen sowie die Innovation aller planenden und steuernden Prozesse im Unternehmen.



## Ihre Ansprechpartner im PTZ Berlin

### Automatisierungstechnik, Industrielle Automatisierungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 81  
joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de

### Füge- und Beschichtungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann\*  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14-2 20 05  
joachim.herrmann@qw.iwf.tu-berlin.de

### Medizintechnik

Prof. Dr.-Ing. Erwin Keeve  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 20  
erwin.keeve@ipk.fraunhofer.de

### Montagetechnik und Fabrikbetrieb

Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger  
Tel.: +49 (0) 30/3 14-2 20 14  
guenther.seliger@mf.tu-berlin.de

### Qualitätswissenschaft

Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14-2 20 05  
joachim.herrmann@qw.iwf.tu-berlin.de

### Unternehmensmanagement

Prof. Dr.-Ing. Kai Mertins  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 33, -2 34  
kai.mertins@ipk.fraunhofer.de

### Virtuelle Produktentstehung, Industrielle Informationstechnik

Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark  
Tel.: +49 (0) 30/3 90 06-2 43  
frank-l.krause@ipk.fraunhofer.de

### Produktionssysteme, Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 01  
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

## Dienstleistungszentren im PTZ

### AdvanCer

Demonstrationszentrum  
Dipl.-Ing. Tom Hühns  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 10  
tom.huehns@ipk.fraunhofer.de

### Benchmarking

Informationszentrum  
Dr.-Ing. Holger Kohl  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 68  
holger.kohl@ipk.fraunhofer.de

### CVD-Diamant-Werkzeuge

Competence Center  
Dipl.-Ing. Jens König  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14-7 93 44  
koenig@iwf.tu-berlin.de

### EDM/PDM

Competence Center  
Dr.-Ing. Haygazun Hayka  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 21  
haygazun.hayka@ipk.fraunhofer.de

### Electronic Business

Innovationszentrum  
Dr.-Ing. Zaharya Menevidis  
Tel.: +49 (0) 30/3 90 06-1 97  
zaharya.menevidis@ipk.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Allianz

**Reinigungstechnik**  
Dr.-Ing. Mark Krieg  
Tel.: +49 (0) 30/3 90 06-1 59  
mark.krieg@ipk.fraunhofer.de

### Keramikbearbeitung

Industriearbeitskreis  
Dipl.-Ing. Christoph Hübert  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14-2 49 60  
huebert@iwf.tu-berlin.de

### Methods-Time Measurement

Competence Center  
Dipl.-Ing. Stefano Consiglio  
Tel.: +49 (0) 30/3 14-2 68 86  
sconsiglio@mf.tu-berlin.de

### Mitarbeiterqualifizierung/ Arbeitssystemgestaltung

Competence Center  
PD Dr. habil. Konrad Berger  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 67  
konrad.berger@ipk.fraunhofer.de

### Modellierung technologischer und logistischer Prozesse in Forschung und Lehre

Rechnerlabor  
Dipl.-Ing. Sebastian Kernbaum  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14-2 35 62  
skernb@mf.tu-berlin.de

### Simulation

Demonstrationszentrum  
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Markus Rabe  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 48  
markus.rabe@ipk.fraunhofer.de

### Szenarien für die Produktentwicklung und Fabrikplanung

Competence Center  
Dipl.-Ing. Marco Eisenberg  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14-2 55 49  
meisenberg@mf.tu-berlin.de

### Telekooperation für die Produktentwicklung

Telekooperationslabor  
Dipl.-Ing. Hendrik Gärtner  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 18  
telekooperation@ipk.fraunhofer.de

### Teleservice

Competence Center  
Dipl.-Ing. Eckhard Hohwieler  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 21  
cc.teleservice@ipk.fraunhofer.de

### Trockeneisstrahlen

Industriearbeitskreis  
Dipl.-Ing. Mark Krieg  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 59  
mark.krieg@ipk.fraunhofer.de

### Unternehmensnetze ProNetz

Dipl.-Ing. Burkhard Schallock  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 63  
burkhard.schallock@ipk.fraunhofer.de

### ViPro

Demonstrationszentrum Virtuelle Produkt- und Produktionsentstehung  
Dipl.-Ing. Helmut Jansen  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 47  
helmut.jansen@ipk.fraunhofer.de

### VR-Labor

Anwendungszentrum für Virtual Reality in der Produktentwicklung  
Dipl.-Inform. Jens Neumann  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-3 22  
jens.neumann@ipk.fraunhofer.de

### Wiederverwendung von Betriebsmitteln

Competence Center  
Dipl.-Ing. Timo Fleschutz  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14-2 24 04  
tfleschutz@mf.tu-berlin.de

### Wissensmanagement

Competence Center  
Dipl.-Psych. Ina Finke  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-2 64  
ina.finke@ipk.fraunhofer.de

### Zentrum für Mikroproduktionstechnik

Dipl.-Ing. Dirk Oberschmidt  
Tel.: +49 (0) 30 / 63 92-51 06  
dirk.oberschmidt@ipk.fraunhofer.de

### ZEUS

Demonstrationszentrum Werkzeug- und Formenbau  
Dipl.-Ing. Mark Krieg  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06-1 59  
mark.krieg@ipk.fraunhofer.de